

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Konstrukce zásobníku pro uložení odebraných plyných
vzorků

Construction of the Container for Storage of Acquired Gas
Samples

Student:

Jan Žáček

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Barbora Valtová

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Žáček**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2301R013 Robotika

Téma: **Konstrukce zásobníku pro uložení odebraných plyných vzorků**
Construction of the Container for Storage of Acquired Gas Samples

Zásady pro vypracování:

1. Provedte analýzu současných technologií odběru plyných vzorků a jejich ukládání do zásobníku.
2. Navrhněte různé varianty řešení konstrukce zásobníku pro plyné vzorky – zohledněte odběr vzorků, možnou kontaminaci vzorků, manipulaci se zásobníkem a zamezte úniku odebraných vzorků.
3. Vyberte optimální variantu pomocí hodnotové analýzy.
4. Zpracujte konstrukční řešení optimální varianty.
5. Provedte technické zhodnocení navržené konstrukce.
6. Konstrukční řešení doložte potřebnými výpočty a výkresovou dokumentací.
7. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1.LABICOM s. r. o. [online]. [cit. 29.10.2009]. Dostupný na:
<<http://www.labicom.cz/default.aspx?section=36>>
- 2.JANKŮ, J., ČERMÁK, J. *Vzorkování odpadů* [online]. [cit. 29.10.2009]. Praha: Vysoká škola chemicko-technická v Praze, fakulta technologie ochrany prostředí, ústav chemie ochrany prostředí. Dostupný na:
<http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/Vzorkovani_070104_4.pdf>
- 3.FISHER SCIENTIC, spol. s r. o. *Laboratorní technika* [online]. [cit. 29.10.2009]. 2007/2008. Dostupný na: <http://www.thermofisher.cz/tisteny_katalog.htm>
- 4.HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů* [online]. [cit. 29.10.2009]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007.Dostupný na: <http://robot.vsb.cz/files/resources/vypocty-a-konstrukce-strojnich-dilu.pdf>

5.ÚSTAV PRO JAZYK ČESKÝ, *Akademie věd ČR, v. v. i. Internetová jazyková příručka* [online]. [cit. 29.10.2009]. Dostupný na: <<http://prirucka.ujc.cas.cz/>>

6.ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha : Český normalizační institut, 1996. 32 s.

7.ČSN ISO 690-2 *Bibliografické citace - Část 2: Elektronické dokumenty nebo jejich části*. Praha : Český normalizační institut, 2000. 24 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

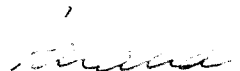
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Barbora Valtová**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5. 2010

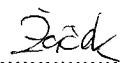
Žeďek

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 21.5.2010


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jan Žáček

Adresa trvalého pobytu autora práce: Březinova 2080, Frýdek-Místek 73801

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Žáček, J. *Konstrukce zásobníku pro uložení odebraných plynných vzorků : bakalářská práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2010, 48 s. Vedoucí práce: Valtová B.

Práce se zabývá konstrukcí zásobníku pro uložení robotem odebraných plynných vzorků. V úvodu se věnuji možnostem odebrání a uchovávání plynných vzorků. Poté uvádím možné varianty řešení tohoto zásobníku a po provedení hodnotové analýzy byla zvolena optimální varianta, která využívá odběrové nádoby tvaru válce a jejíž přichycení k robotu je realizováno v její vrchní části.

Práce je doložena výkresovou dokumentací, modelem zásobníku a také potřebnými výpočty.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Žáček, J. *Construction of the Container for Storage of Acquired Gas Samples : Bachelor thesis.* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2010, 48 p. Thesis head: Valtová B.

Work deals with the construction of a container for the storage of gas samples taken by robot. The introduction describes the possibility of taking and storing gas samples. Then I present possible options to address this container and after the implementation of value analysis has been chosen optimal variant which uses a sampling cylinder-shaped container, and whose attachment to the robot is realized in the upper section.

Work is supported by drawing documentation, model of container and also necessary calculations.

OBSAH

ÚVOD	11
VYPRACOVÁNÍ.....	12
1 MOŽNOSTI ODBĚRU VZORKU	12
1.1 Kovové cylindry	12
1.2 Odběrové vaky	12
1.3 Odběrové kanystry	14
1.4 Impingery	14
1.5 Sorpční trubičky	15
1.6 Příklady dalších nádob pro odběr plyných vzorků:	16
1.7 Odběry vzorků plynů ruční vzorkovací pumpou	17
1.8 Odběr vzorku pasivními odběrovými zařízeními	17
1.9 Odběry vzorků plynů injekční stříkačkou.....	18
1.10 Odběry vzorků plynů do plynové vzorkovnice vytěsňováním oleje	19
1.11 Souprava SOV-99.....	20
1.12 Souprava STV-99	20
1.13 Transportní bezpečnostní skříň.....	21
2 POHYB ZÁSOBNÍKU	23
3 UMÍSTĚNÍ ZÁSOBNÍKU	24
4 ODBĚR VZORKU	24
5 MANIPULACE SE ZÁSOBNÍKEM.....	25
6 VARIANTA A	26
7 VARIANTA B.....	28

8 VARIANTA C.....	29
9 HODNOTOVÁ ANALÝZA	30
10 VZORKOVACÍ NÁDOBY	33
10.1 Materiál nádoby.....	33
10.2 Části nádoby	35
11 POHON ZÁSObNÍKU	37
12 ŘEMENOVÝ PŘEVOD.....	39
13 TECHNOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ KONSTRUKCE	43
ZÁVĚR	44
POUŽITÁ LITERATURA.....	46

Seznam použitých značek

Značka	Veličina	Jednotka
I	moment setrvačnosti	[kg·m ²]
M _k	kroucí moment	[Nm]
M _{kv}	výstupní kroucí moment	[Nm]
M _{km}	kroucí moment motoru	[Nm]
P	výkon	[W]
P _v	výstupní výkon	[W]
T	rozteč	[mm]
V	objem	[m ³]
a	osová vzdálenost řemenic	[mm]
g	gravitační zrychlení	[m·s ⁻²]
i	převodový poměr	[-]
m	hmotnost	[kg]
n	otáčky	[min ⁻¹]
t	teplota	[°C]
t	čas	[s]
t _c	celkový čas	[s]
t _e	napnutí řemene	[mm]
t _r	čas rozběhu	[s]
t _u	čas ustáleného chodu	[s]
t _z	čas zastavování	[s]
z ₁	počet zubů malé řemenice	[-]
z ₂	počet zubů velké řemenice	[-]

Tab. 1 Seznam použitých značek

Značka	Veličina	Jednotka
β	úhel opásání řemenice	[°]
ε	úhlové zrychlení	[rad·s ⁻²]
η_l	účinnost ložiskového uložení	%
η_f	účinnost řemenového převodu	%
φ	úhel	[°]
φ_c	celkový úhel otoční zásobníku o 1 pozici	[°]
φ_r	úhel rozběhu zásobníku	[°]
φ_u	úhel ustáleného chodu zásobníku	[°]
φ_z	úhel zastavování zásobníku	[°]
ω	úhlová rychlost	[rad·s ⁻¹]

Tab. 1 Seznam použitých značek-pokračování

Úvod

Téma této bakalářské práce je „konstrukce zásobníku pro uložení odebraných plyných vzorků“. S vedoucím práce bylo zadání upřesněno sestavením požadavkového listu (tab. 2). V něm byl upřesněn počet a množství odebraných vzorků, maximální rozměry celé konstrukce a také je v něm uveden zvýšený požadavek na odolnost zásobníku vůči odebraným vzorkům. V práci jsou navrženy různé varianty konstrukčního řešení zásobníku a poté je pomocí srovnávání zvolených kritérií vybrána jedna optimální. Tato konstrukce je dále detailně rozpracována a doložena potřebnými výpočty, výkresovou dokumentací a modelem.

Zařízení je určeno k umístění na servisní robot Herkules a má sloužit pro ukládání plyných vzorků odebraných v zamořených oblastech, které jsou pro člověka nebezpečné. Použitím robotu pro tuto práci se snažíme snížit riziko ohrožení lidského zdraví.

Požadavkový list

Požadavek	Hodnota
Počet vzorků v zásobníku	5-6
Objem 1 vzorku [ml]	150-200
Maximální plocha zásobníku [mm]	300 x 300
Maximální výška zásobníku [mm]	250
Skupenství odebíraných vzorků	plynné
Odolnost zásobníku vůči	odebraným vzorkům

Tab. 2 Požadavkový list

Vypracování

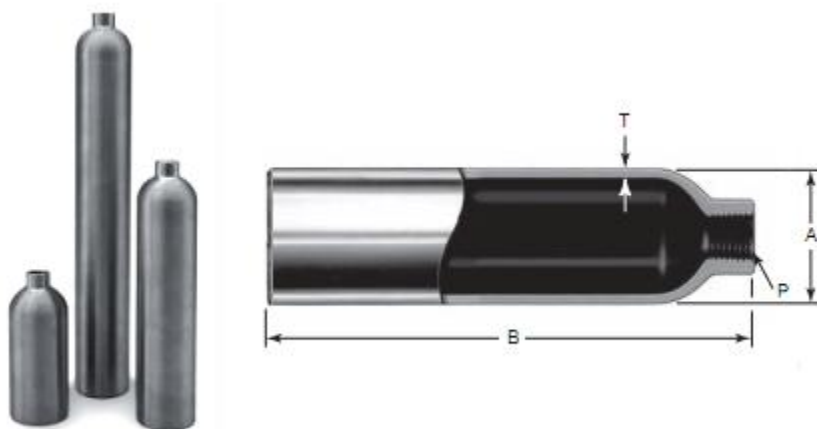
1 Možnosti odběru vzorku

1.1 Kovové cylindry

Cylindry (obr. 1) jsou vyráběny z bezešvých trubek z nerezové oceli, což zajišťuje konstantní tloušťku stěny a objem cylindru. Uvnitř jsou cylindry elektrolyticky leštěny, nebo potaženy vrstvičkou teflonu. To zabraňuje chemickým reakcím odebraného plynu s vnitřní stěnou a zároveň umožňuje snadnější čištění.

Cylindry zakončené ventilem pouze na jednom konci jsou Hydrostaticky testovány na těsnost při tlaku 69 bar, cylindry s ventily na obou koncích jsou testovány při tlaku 210 bar. Některé cylindry mají vsazené i septum. [2]

Dostupné objemy: 40, 50, 75, 150, 300, 400, 500, 1000, 2250, 3785 ml.



Obr. 1 – Kovový cylindr dle [3]

1.2 Odběrové vaky

Vzorkovací vaky (obr. 2) jsou speciálně vyrobeny pro vzorkování plynů. Jsou také vhodné pro přepravu vzorků a jejich skladování. Vaky jsou nejčastěji vyráběny z fluoroplastu tedlar s jedním, nebo se dvěma nerezovými ventily. Další, méně používané odběrové vaky, jsou vyráběny z materiálů Teflon, FEP i jiných inertních materiálů. Teplotní odolnost

tedlarových vaků s nerezovými fitinkami je max. 107°C (teplotní odolnost je dána odolností okroužků fitinek).[1]

V případě, že potřebujeme odolnější materiál než tedlar, můžeme použít vaky vyrobeny z inertního 0,55 mm silného materiálu složeného z pěti vrstev. Jednotlivé vrstvy tvoří: polyetylen (vnitřní vrstva), polyamid, hliníková fólie, polyvinylchlorid a polyester (vnější vrstva). Takto vyrobený vak je nepropustný, pružný a velice odolný.

Každý vak je opatřen ventilem a silikonovým septem pro snadný odběr vzorku malého množství plynu z vaku. Septum je tvořeno samo-těsnícím silikonem kruhovitého průřezu o průměru 25mm, kterým jehla pro odebrání vzorku lehce pronikne a po jejím vytažení se díra v cloně plně zatěsňuje. Septum může být pro odběr vzorku použito opakovaně. [2]

Nevýhodou těchto odběrových vaků je, že jsou určeny pouze k vzorkování za atmosférického tlaku a také to, že vaky nelze použít opakovaně. Jsou na jedno použití.

Dostupné objemy vaků: 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 5, ... až 120 l



Obr. 2 – Odběrové vaky dle [1]

1.3 Odběrové kanystry

Kanystry (obr. 3) jsou vybaveny membránovým ventilem Parker Hannifin. každý je testován na těsnost (zkouška těsnosti heliem na únik 4×10^{-9} ml/s). Kanystry jsou vyrobeny z nerezové oceli, která eliminuje kontaminaci. Kanystry jsou použitelné při teplotách od -100°C do 250°C . Ke kanystrům lze objednat standardní šroubení pro připojení kapilár. [1]

Vlastnosti

- stabilita analytů (i po 14 dnech skladování)
- stabilní až do 250°C
- těsnění kov-kov
- využití vysoce kvalitní pasivace povrchu zajišťuje stabilitu sloučenin.



Obr. 3 – Odběrový kanystr dle [1]

1.4 Impingery

Impingery (obr. 4) jsou speciální skleněné trubičky určené k odběru plynů, par a částic ze vzduchu. Pumpou nasávaný vzduch probublává kapalinu uvnitř impingeru a v této kapalině se zachycuje analyzovaný plyn. Díky takto získaného vzorku se často zjišťuje míra znečištění ovzduší. Osoby pracující v prostředí, ve kterém hrozí znečištění ovzduší, mohou tyto impingery s pumpou nosit přímo u sebe. K tomuto účelu jsou impingery konstruovány s ochranou proti vylití kapaliny. [2]



Obr. 4 – Impingery dle [2]

1.5 Sorpční trubičky

Sorpční trubičky (obr. 5) jsou určeny pro odběry plynů a par z ovzduší pomocí pump s nízkým průtokem. Byly vyvinuty pro kontrolu kvality ovzduší v pracovním prostředí. Odběry se provádějí při průtocích řádově desítky až stovky ml/min. Jsou zpravidla vyrobeny ze skleněných nádob obsahující absorbent, který je v trubičce rozdělen do dvou částí - první slouží pro zachycení vzorku, druhá část (kontrolní zóna) slouží ke zjištění, zda nedošlo k průrazu. Trubičky plněné sorbetem se dodávají buď plněné od výrobce, nebo prázdné, které si může uživatel sám naplnit zvoleným sorbentem. Vzorek je poté tepelně desorbován v zařízení pro tepelnou desorpci a analyzován. [2]

Trubičky se vyrábí v různých velikostech. Šířka trubiček bývá 6-22mm, délka pak 70-150mm.

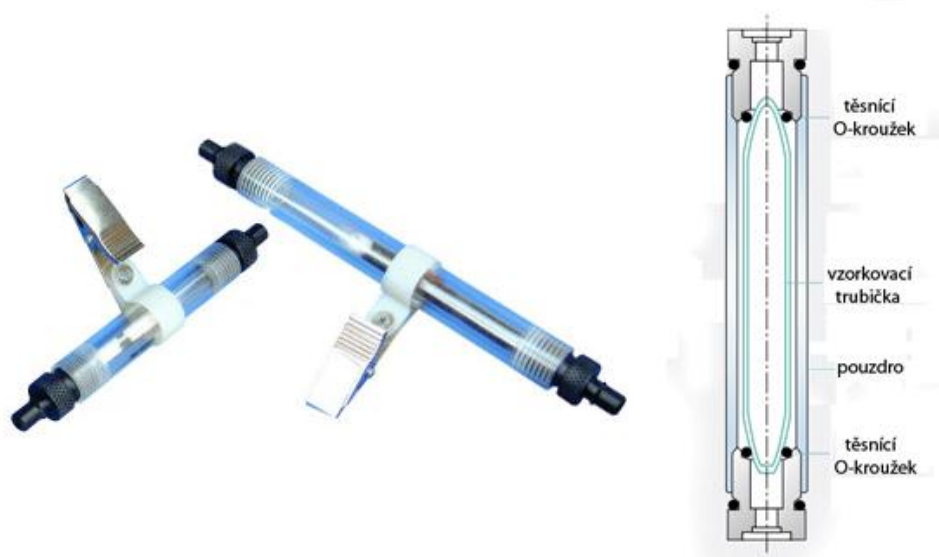
Příklady absorbentů:

Anasorb CMS je absorbent na bázi karbon-molekulového síta. Je vhodný k vzorkování vysokovroucích látek a využívá se i pro termální desorpci.

Anasorb CSC je absorbent na bázi uhlí z kokosových skořápek. Je vhodný k vzorkování širokého spektra nepolárních sloučenin.

Anasorb 747 je absorbent na bázi aktivního uhlí. Je vhodný k vzorkování nepolární a polárních organických sloučenin.

Tenax TA je absorbent z porézního polymeru. Je vhodný pro středně až výševroucí sloučeniny.



Obr. 5 – Sorpční trubičky dle [4]

1.6 Příklady dalších nádob pro odběr plynných vzorků:



Obr. 6 – odběrové kazety dle [2],



Obr. 7 – odběrové „myši“ dle [2]

1.7 Odběry vzorků plynů ruční vzorkovací pumpou

Jde o manuální odběr plynného vzorku za pomoci speciální pumpy (obr. 8). Na konec této pumpy stačí nasadit vzorkovací nádoby a pumpou do ní nasát plyn. Vzorkovací nádoby se liší podle výrobce pump. Mohou tak být z různých materiálů jako sklo, hliník, ocel atd. [6]

Výhodou této metody je, že je velmi jednoduchá, mobilní a pro odběr vzorku nepotřebujeme elektrickou energii.



Obr. 8 – pumpa pro manuální odběr plynného vzorku dle [7]

1.8 Odběr vzorku pasivními odběrovými zařízeními

Princip odběru spočívá v difúzi analytů přes difúzní vrstvu na adsorbent. Po vzorkování jsou analyty chemicky nebo tepelně desorbovány a následně analyzovány. Pro vzorkování není nutné používat pumpu, vzorkovat lze v jakémkoliv prostředí (i výbušném).

Tento způsob vzorkování se často používá k monitorování pracovního ovzduší, ovzduší ve veřejných prostorách, obytných prostorách, školách, kancelářích, muzeích..., nebo k sledování koncentrace škodlivin ve městech, industriálních lokalitách apod. [2]

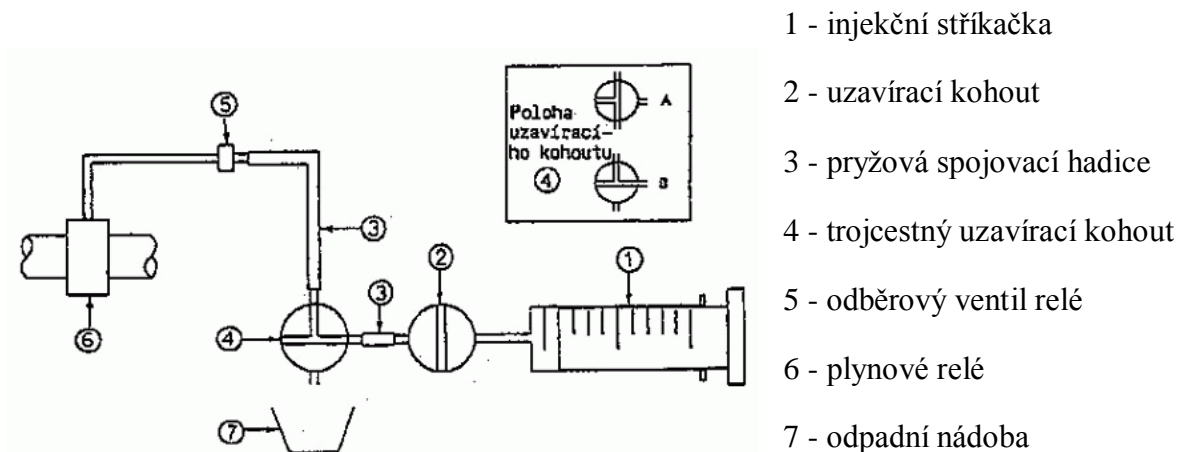


Obr. 9 – zařízení pro pasivní difúzní vzorkování analytů v ovzduší dle [2]

1.9 Odběry vzorků plynů injekční stříkačkou

Plynotěsné injekční stříkačky se používají pro odebírání vzorku o objemu 10 až 100 ml. Vhodné jsou skleněné stříkačky se zabroušeným pístem nebo pístem s teflonovým těsněním. Stříkačka má být vybavena kohoutem, umožňujícím její hermetické uzavření.

Dopravní nádoby mají být konstruovány tak, aby stříkačka byla spolehlivě udržována na místě, ale píst se mohl volně pohybovat. [5]



Obr. 10 – schéma aparatury pro odběr vzorku injekční stříkačkou dle [5]

Postup při odběru vzorků injekční stříkačkou

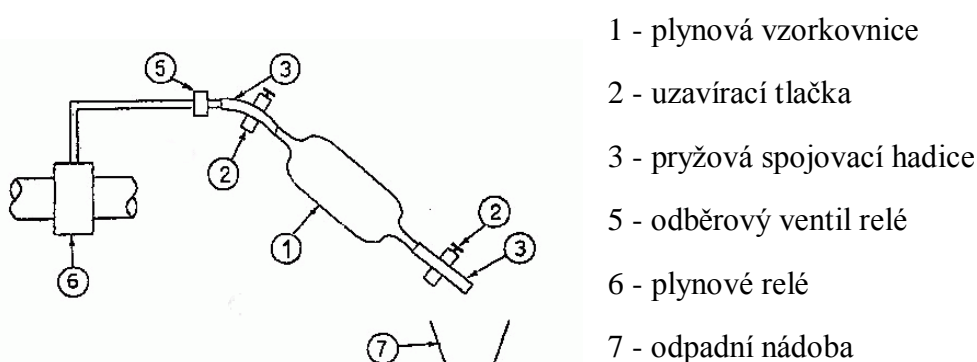
K odběru vzorku injekční stříkačkou slouží aparatura, která je schematicky znázorněna na obr 7.

Odběr se provádí tak, že se otevře odběrový ventil relé (5), čímž vznikne přetlak a trojcestný kohout (4) se nastaví do polohy A. V tuto chvíli začne z trojcestného kohoutu vytékat do odpadní nádoby (7) olej, kterým je aparatura před odebíráním vzorku naplněna. Jakmile olej vyteče a k trojcestnému kohoutu se dostane plyn, který chceme vzorkovat, tak se kohout přepne do polohy B. Tímto se připojí injekční stříkačka (1), do které se po otevření uzavírací kohoutu (2) začne odebírat vzorek plynu. Po odebrání dostatečného vzorku se kohout (2) a ventil (5) uzavřou a aparatura se může odpojit.

1.10 Odběry vzorků plynů do plynové vzorkovnice vytěsňováním oleje

Tato metoda se používá pro odběr vzorků o objemu 10 až 100 ml. Spolehlivá je pouze tam, kde má vzorek plynu atmosférický nebo vyšší tlak.

Vzorek plynu se při této metodě odebírá do vzorkovnice, která je vyrobena ze skla, aby obsluha viděla, kolik oleje v ní zůstává během odběru plynu. Vzorkovnice je připojena k odběrovému ventilu oleji-vzdornými hadicemi a k uzavírání opatřena šroubovými tlačkami. Je vhodné používat plynové vzorkovnice co nejmenší, aby po odběru plynu zůstalo ve vzorkovnici co nejméně oleje a nedocházelo k rozpouštění plynů v oleji. [5]



Obr. 11 – schéma aparatury pro odběr vzorku vytěsňováním oleje dle [5]

Postup při odběru vzorků vytěsňováním oleje

Vzorek se touto metodou odebírá tak, že se otevřou obě uzavírací tlačky (2) a odběrový ventil relé (5). Tímto začne do vzorkovnice vrchním otvorem proudit plyn a spodním otvorem z něj naopak začne vytékat olej, kterým je před odběrem vzorku neplněna jak vzorkovnice, tak i spojovací hadice nad vzorkovnicí. Odběr vzorku je dokončen uzavírací tlačky (2) na plynové vzorkovnici a odběrového ventilu relé (5) ve chvíli, když už ve vzorkovnici nezbývá skoro žádný olej. V této fázi odběru musí obsluha dbát na to, aby odebíraný vzorek nebyl znehodnocen vniknutím vzduchu do vzorkovnice spodní výtokovou hadicí.

1.11 Souprava SOV-99

Souprava SOV-99 (obr. 12) je určena k provádění odběru vzorků z plyných, kapalných a pevných matricí. Je určena k odběru vzorků otravných látek, průmyslových toxických látek, ostatních toxických látek a environmentálních vzorků kontaminovaných těmito látkami. Zabezpečuje odběr minimálně deseti kusů vzorků každého typu bez doplnění soupravy. [9]

Souprava SOV-99 bývá často doplněna soupravou STV-99 určenou pro transport odebraných vzorků.



Obr. 12 – souprava SOV-99 dle [9]

1.12 Souprava STV-99

Souprava STV-99 (obr. 13) je určena ke krátkodobému transportu (do 2 až 4 hodin) plyných, kapalných a pevných vzorků do analytické laboratoře. Provizorně ji lze využít i k transportu do stacionární laboratoře, pokud doba transportu nepřesáhne dvanáct hodin. Souprava umožňuje současně transportovat maximálně 60 ks kapalných, 30 ks plyných a 20 ks pevných vzorků otravných látek, ostatních toxických látek a škodlivin a environmentálních vzorků. Souprava není určena k transportu radioaktivních nebo směsných vzorků. [10]



Obr. 13 – souprava STV-99 dle [10]

1.13 Transportní bezpečnostní skříň

Tyto bezpečnostní skříňe (obr. 14) vyrobeny z poplastované oceli se používají k ukládání, transportu a manipulaci s nebezpečnými látkami jako jsou hořlaviny, kyseliny, louhy, jedy a podobně. Jsou vybaveny bezúdržbovým uzavíracím systémem, který v případě překročení okolní teploty 50°C automaticky hermeticky uzavře horní plnicí víko a větrací otvory. Skříňe mají v případě požáru 30 minutovou požární odolnost v souladu s EN 14470-1. [11]

- **objem:** 11 litrů – možnost skladování cca 4ks jednolitrových lahví
- **vnější rozměry:** (Š x H x V) 340 x 340 x 400mm
- **vnitřní rozměry:** (Š x H x V) 200 x 200 x 265mm
- **hmotnost:** cca 18 kg



Obr. 14 – Transportní bezpečnostní skříň dle [11]

Další příklady nádob pro skladování nebezpečných vzorků:



Obr. 15 - Nádob na radioaktivní odpad



Obr. 16 - Bezpečnostní nádoba z nerezové ocele



Obr. 17 – Transportní ocelová nádoba

2 Pohyb zásobníku

Rotační

Takový zásobník by měl nádoby umístěny na kružnici kolem osy rotace. Rotační pohyb je nejpříznivější z hlediska rozměrové optimalizace, protože zásobník nepotřebuje žádný další prostor pro svůj pohyb. Pootočení zásobníku o určitý úhel by zároveň zajišťovalo, že obsluhovaná nádoba bude vždy ve stejné poloze. Proto je tato možnost pohybu zásobníku optimální.

Osa rotace může být vodorovná nebo svislá. Která z nich je vhodnější se rozhodne až při výběru optimální varianty.

Translační

Translační zásobník by fungoval tak, že by měl na jedné své straně prázdné nádoby, které by se při odebrání vzorku posouvaly na druhou stranu tak, aby právě obsluhovaná nádoba byla vždy ve stejné poloze. Nevýhodou tohoto řešení je, že omezuje pracovní prostor ramene. Nezmenšuje ho pouze o své vlastní rozměry ale také o prostor, kam se zásobník může posunout. To je také důvod, proč je tento tato možnost pro tento případ nevhodný.

Nehybný zásobník

Zásobník, který by nebyl poháněn a neměl tak žádné pohyblivé členy by byl konstrukčně nejjednodušším řešením. Také z hlediska finanční náročnosti a prostorového řešení zásobníku by tato možnost byla nejvýhodnější. Pro toto zadání se ale nehodí z toho důvodu, že by nádoba, do které se má uložit vzorek, byla pokaždé na jiné pozici a rameno obsluhující zásobník by tak muselo mít daleko propracovanější řízení.

3 Umístění zásobníku

Zásobník je určen pro mobilní robot „Herkules“ (obr. 18), na jehož podvozku není volné místo. Proto musí být zásobník navrhnout tak, aby se dal připevnit k některé z krajních částí robotu. K tomuto účelu je vhodné využít nárazník, který se nachází v zadní části robotu.

Fakt, že zásobník bude umístěn, mimo samotný podvozek nám přináší více konstrukčních možností. Zásobník můžeme totiž navrhnout tak, že bude k nárazníku přichycen ve své vrchní části a zbytek zásobníku bude zavěšen směrem dolů (obr. 21, 24). Výhoda tohoto řešení je např. malé omezení pracovního prostoru ramene.



Obr. 18 – Mobilní robot „Herkules“

4 Odběr vzorku

Odběr vzorku se provede pomocí injekční stříkačky, která bude součástí efektoru robotu. Pohybem pístu stříkačky se nasaje vzorek plynu. Po nasátí vzorku se rameno robotu přemístí k zásobníku tak, aby jehla stříkačky pronikla přes septum odběrové nádoby. Poté se stlačí píst stříkačky a vzorek plynu bude vytlačen do odběrové nádoby.

5 Manipulace se zásobníkem

V terénu bude se zásobníkem manipulovat elektropohon. Ten po odebrání vzorku otočí zásobníkem o 60 stupňů tak, aby rameno se stříkačkou odebíralo vzorek do nádoby ve stejné poloze. Výměna lahví bude prováděna v depu. Tam do něj bude obsluha vkládat lahve manuálně. Robot poté může vyjet do terénu odebrat vzorky a po jeho návratu obsluha lahve vymění za další.

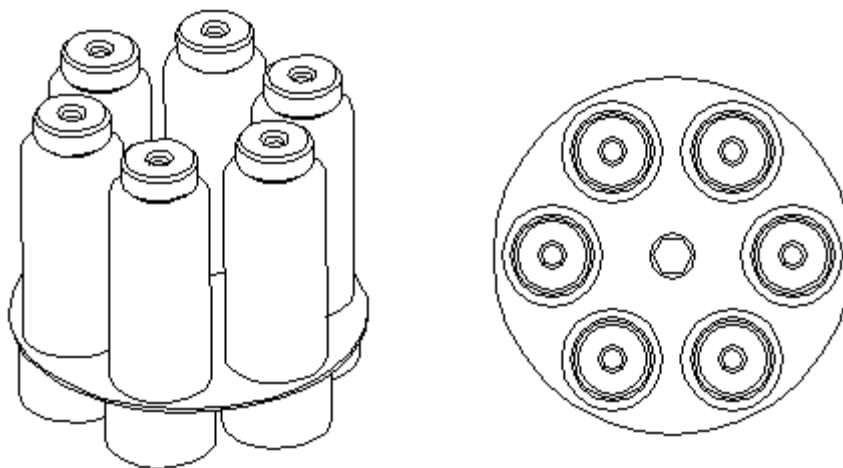
Pohon zásobníku bude napájen z baterií robotu. Zásobník tak nebude mít žádné vlastní baterie, které by obsluha musela měnit. Další výhodou tohoto řešení je snížení hmotnosti zásobníku a jeho rozměrů.

6 Varianta A

Tvar nádoby: Válec

Nádoby tvaru válce (obr. 19) mají tu výhodu, že pro výrobu takové nádoby o daném objemu spotřebujeme méně materiálu, než u nádob tvaru hranolu. To je výhodné, protože méně materiálu znamená nižší hmotnost zásobníku a nižší setrvačné momenty, což dále vede k nižšímu výkonu pohonu potřebního pro zajištění rotace zásobníku.

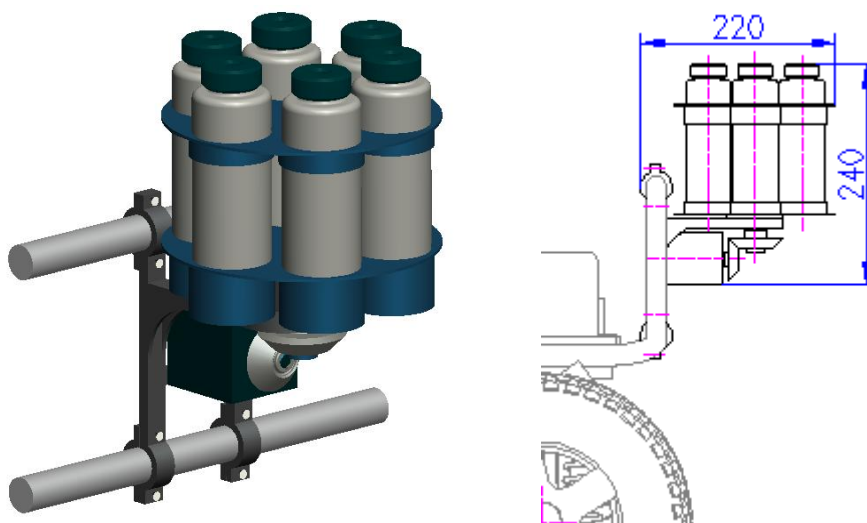
V případě rotačního zásobníku, kdy musí být nádoby umístěny na kružnici, nám ale válcový tvar nádoby neumožňuje tak efektivní využití prostoru ve vnitřní části zásobníku jako nádoby jiného tvaru, například hranolu. Tato nevýhoda ovšem nemusí být tak vážná v případě, že prostor, který nezaberou nádoby, využijeme k umístění jiných prvků, například ložiskového domku.



Obr. 19 – Uspořádání válcových nádob v zásobníku

Varianta A1

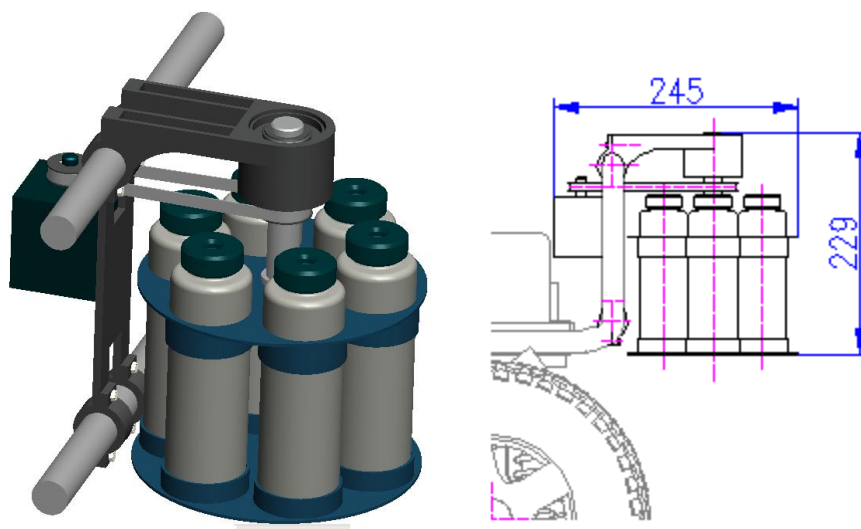
-Tato varianta (obr. 20) přichycuje zásobník k nárazníku robotu ve své spodní části.



Obr. 20 – Varianta A1

Varianta A2

-Tato varianta (obr. 21) přichycuje zásobník k nárazníku robotu ve své horní části.

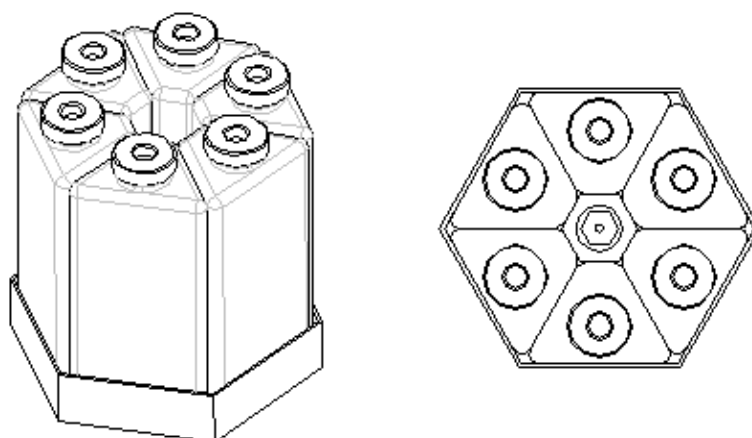


Obr. 21 – Varianta A2

7 Varianta B

Tvar nádoby: Hranol

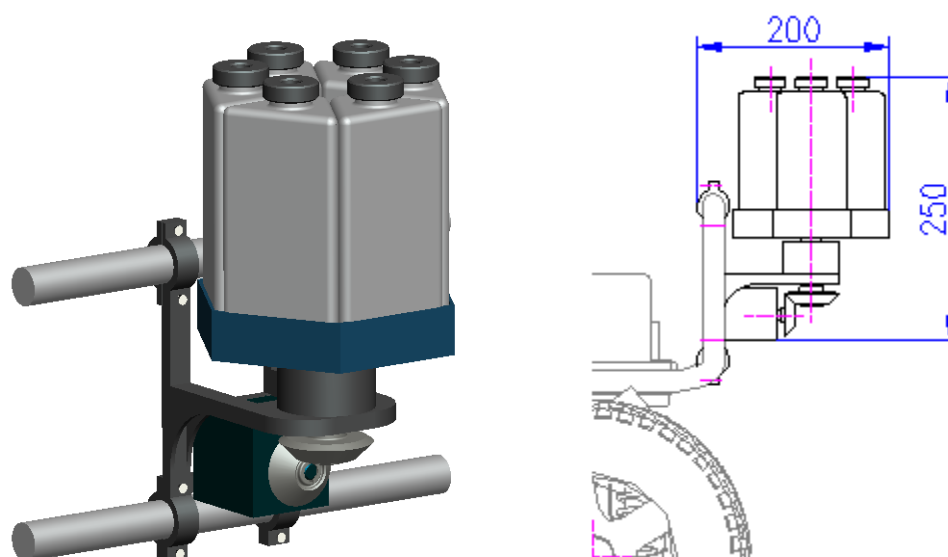
Nádoby tvaru hranolu (obr. 22) nám prostor ve vnitřní části zásobníku využívají lépe. Proto by byly celkové rozměry zásobníku při použití těchto nádob menší. Nevýhodou této varianty ovšem je vyšší hmotnost nádob, tudíž i zásobníku.



Obr. 22 – Uspořádání nádob tvaru hranolu v zásobníku

Varianta B1

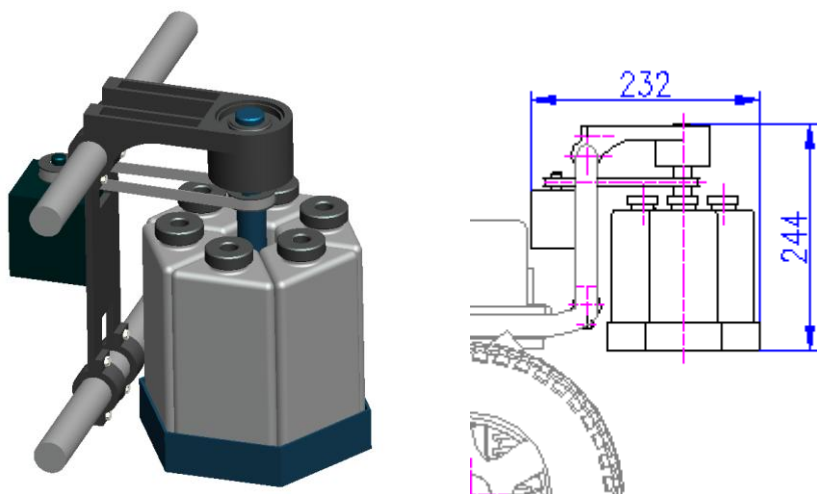
-Tato varianta (obr. 23) přichycuje zásobník k nárazníku robotu ve své spodní části.



Obr. 23 – Varianta B1

Varianta B2

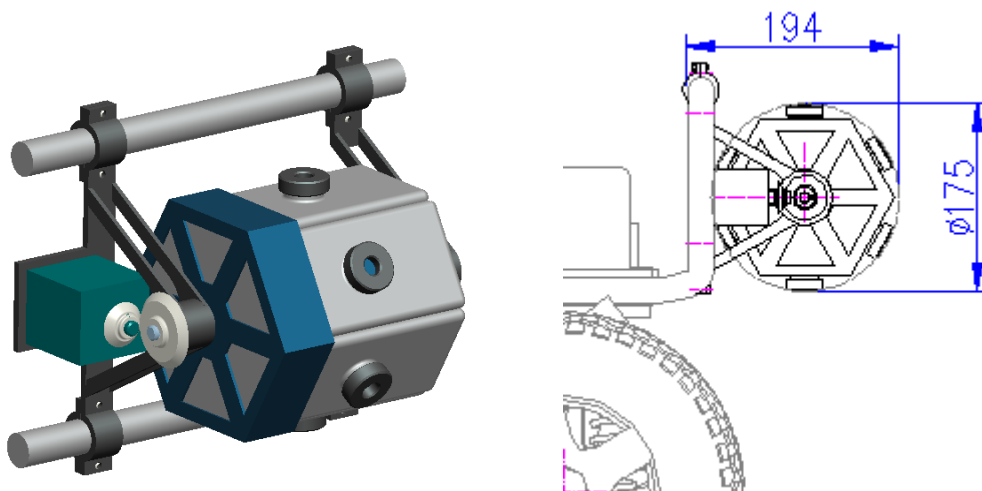
-Tato varianta (obr. 24) přichycuje zásobník k nárazníku robotu ve své horní části.



Obr. 24 – Varianta B2

8 Varianta C

Tato varianta (obr. 25) se liší v tom, že rotace zásobníku probíhá kolem vodorovné osy. Nádoba použitá v této variantě má tvar hranolu, stejně jako u varianty B. V důsledku naklonění osy se nádoby liší v umístění otvoru pro vpich jehlou. Ty se nachází na boční stěně hranolu tak, aby k nim rameno robotu mělo přístup. Další důsledek vodorovné osy rotace by byla potřeba navrhnout mechanismus, který by přidržoval nádoby tak, aby nevypadly a přitom se s nimi lehce manipulovalo při vkládání a vytahování ze zásobníku.



Obr. 25 – Varianta C

9 Hodnotová analýza

Hodnotová analýza je postup, díky kterému vybereme optimální variantu. K jejímu provedení je třeba si zvolit kritéria a k nim přiřadit číselnou hodnotu podle bodové stupnice hodnocení.

Stupnice hodnocení:

Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

Hodnocená kritéria (funkce):

- 1) Hmotnost zásobníku
- 2) Rozměry zásobníku
- 3) Omezení pracovního prostoru ramene
- 4) Složitost konstrukce zásobníku

Hmotnost zásobníku volím jako kritérium proto, že robot nesoucí tento zásobník má omezenou nosnost (115 kg). S rostoucí hmotností zásobníku se tedy snižuje nosnost robotu pro další zařízení.

Rozměry zásobníku jsou důležité pro udržení co nejmenších celkových rozměrů robotu. Příliš velké rozměry a špatná volba umístění zásobníku by vedly ke snížení mobility robotu.

Pracovní prostor ramene se snažíme co nejméně omezit, aby rameno obsluhující zásobník mělo co nejvíce možností ve svém polohování.

Složitost konstrukce nám určuje výslednou cenu zásobníku. Tu se snažíme udržet co nejnižší. Konstrukce tedy musí být jednoduchá. Zároveň by se měla skládat z co nejmenšího počtu položek vyrobených na zakázku. Běžně dostupné díly jsou daleko levnější.

Přiřazení číselných hodnot ke kritériím u jednotlivých variant:

	Kritérium 1	Kritérium 2	Kritérium 3	Kritérium 4
Varianta A1	5	5	4	4
Varianta A2	5	4	5	5
Varianta B1	4	4	4	4
Varianta B2	4	5	5	4
Varianta C	5	4	6	3

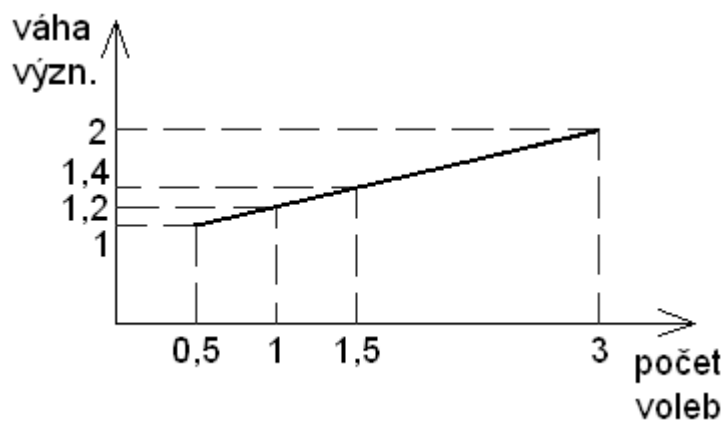
Tab. 3 Hodnocení kritérií

Metoda porovnávání párů:

Pomocí metody porovnávání párů (tab. 4) určíme váhy významnosti jednotlivých kritérií. Pomocí těchto vah významnosti a počtů bodů přiřazeným jednotlivým variantám můžeme spočítat konečný počet bodů jednotlivých variant (tab. 5) a tím zjistit, která je optimální (Optimální varianta získá nejvyšší počet bodů.).

Porovnávané páry funkcí			Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
F1	F1	<u>F1</u>	0,5	4.	1
<u>F2</u>	<u>F3</u>	<u>F4</u>			
	F2	<u>F2</u>	1.5	2.	1,4
	<u>F3</u>	<u>F4</u>			
		<u>F3</u>	3	1.	2
		F4	1	3.	1,2

Tab. 4 metoda porovnávání párů



Obr. 26 – odvození vah významnosti

Varianta	Body
Varianta A1	24,8
Varianta A2	26,6
Varianta B1	22,4
Varianta B2	25,8
Varianta C	26,2

Tab. 5 konečné obodování variant

Příklad výpočtu hodnocení varianty (varianty A2):

$$5 \cdot 1 + 4 \cdot 1,4 + 5 \cdot 2 + 5 \cdot 1,2 = \underline{26,6}$$

Z tabulky 5 vidíme, že nejvíce bodů získala varianta A2, což je zásobník s nádobami tvaru válce, který je k nárazníku robotu připevněn ve své vrchní části.

10 Vzorkovací nádoby

10.1 Materiál nádoby

Při výběru materiálu nádob bereme v úvahu možné znečištění a agresivitu plynu, který odebíráme. Musíme docílit toho, aby odebrané vzorky nebyly znehodnoceny a aby plyn v nádobách neohrozil osoby, které s nimi manipulují.

Zamezení úniku radiace

Bezpečnost osob by mohla být ohrožena radioaktivitou odebraného plynu. Existují tři různé typy záření, s kterými se můžeme setkat a pro jejich zastavení je třeba různých překážek. Pro odstínění záření alfa nám stačí list papíru, pro odstínění záření beta stačí kov o tloušťce stěny 1 mm a pro pohlcení záření gama se používají velmi tlusté štíty z kovů o velké hustotě. Nádoby tedy bude možno navrhnout z takového materiálu, abychom mohli odebírat vzorky plynů znečištěné zářením alfa a beta. Konstrukce zásobníku však nedovoluje užití tak silných materiálů potřebných pro odstínění záření gama a zařízení tak nebude možno použít v prostředí, kde se toto záření vyskytuje.

Zamezení chemické reakci

Dále musíme při volbě materiálu počítat s tím, že odebíraný vzorek plynu může být agresivní. V důsledku jeho kontaktu se stěnou vzorkovací nádoby by se mohla spustit chemická reakce, která by znehodnotila vzorek a poškodila nádobu, nebo by mohlo dojít k úniku vzorku z nádoby. Zabránit tomu lze tak, že se pro výrobu nádoby použije materiál odolný vůči široké škále chemikálií.

-Zvolený materiál: Polypropylen (PP)

Polypropylen je plast odolný vůči velkému počtu toxických látek, olejů, organickým rozpouštědlům a alkoholům a vyniká velmi dobrou chemickou a mechanickou odolností [8]. Proto je vhodný pro výrobu odběrových nádob. Polypropylenové nádoby budou navíc velmi lehké, což sníží nároky na pohon zásobníku.

Odolnost PP vůči vybraným plynům:

Plyn	Odolnost PP	
	20° C	60° C
Chlor (suchý)	2	4
Chlor (vlhký)	2	4
Oxid uhličitý	1	1
Oxid uhelnatý	1	1
Oxid siřičitý (suchý)	2	3
Oxid siřičitý (vlhký)	2	3
Sírovodík	1	1

Tab. 6 odolnost PP vůči vybraným plynům dle [16]

Vysvětlivky: 1 - výborná odolnost

2 - dobrá odolnost

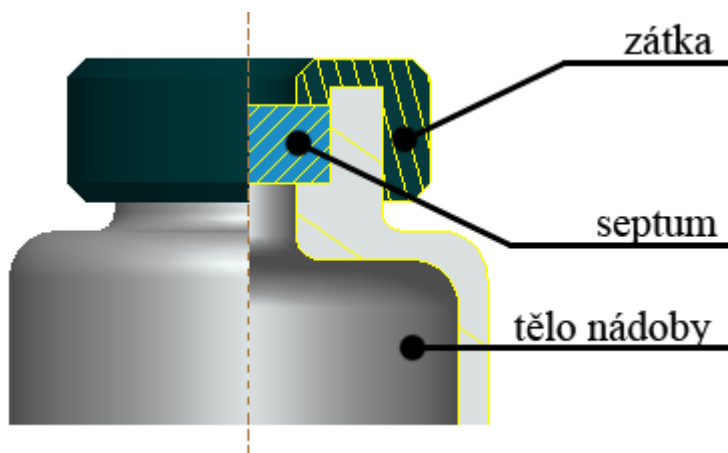
3 - přijatelná odolnost

4 - nepřijatelná odolnost

5- špatná odolnost

10.2 Části nádoby

Nádoby pro vzorek plynu se budou skládat ze tří částí (obr. 27). A to z vlastního těla nádoby, septa a zátky, která bude na nádobě držet pomocí závitů. Její dotažení utěsní nádobu a zajistí požadovanou polohu septa. Její povolení naopak umožňuje septum vyměnit.



Obr. 27 – Části nádoby pro vzorky

Septa

Septa (obr. 28) jsou laboratorní příslušenství tvaru válečku vyráběny ze silikonu. Používají se jako membrána, přes kterou může proniknout jehla injekční stříkačky a po jejím vytažení se díra opět utěsní. Životnost septa je dána jeho druhem a velikostí použité jehly.

Pro nádoby volím septa „TCS“ dodávané firmou Chromservis s.r.o. Tyto septa jsou pokryta teflonem a díky tomu jsou odolná vůči případným agresivním chemikáliím obsažených ve vzorku plynu.

Dodavatel	Označení	Průměr septa [mm]	Životnost	Max. pracovní teplota [°C]	Dostupné balení [ks]
Chromservis s.r.o.	TCS	17	až 400 nástřiků	280	50

Tab. 7 Specifikace zvoleného septa

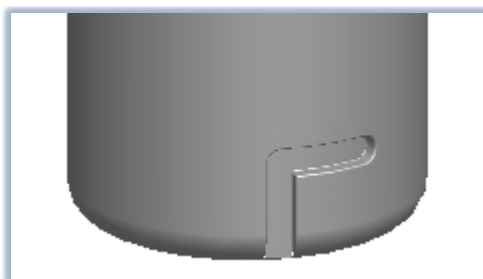


Obr. 28 – Septa

10.3 Zajištění nádob v zásobníku

Odběrové nádoby vyrobené z polypropylenu mají poměrně malou hmotnost a při vysunování jehly ze septa by v důsledku působení třecí síly mezi jehlou a septem mohlo dojít k vytažení nádoby ze zásobníku. Této situaci musíme zabránit a nádoby v zásobníku zajistit.

Držák nádob bude opatřen 2 čepy (obr. 29) a nádoby drážkami tvaru písmene „L“ (obr. 30). Nádoba se do zásobníku bude vkládat tak, aby čepy byly uvnitř drážek. Po zasunutí nádoby až na dno zásobníku se nádobou otočí ve směru drážek a tím se zamezí jejímu vertikálnímu posuvu.



Obr. 29 – drážka v nádobě



Obr. 30 – čep na držáku nádob

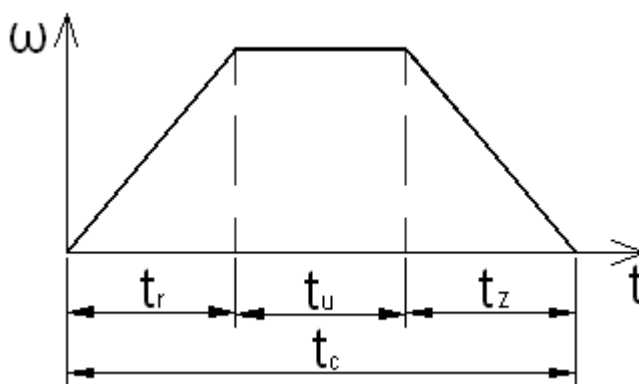
10.4 Vyvození podtlaku v nádobě

V nádobách se před použitím musí vyvodit podtlak, aby bylo možno odebrat vzorek plynu. Podtlak se vyvodí podobně, jako se provede samotný odběr vzorku, čili pomocí jehly a stříkačky, kterou se vzduch v nádobě odsaje.

11 Pohon zásobníku

Pro tento mechanismus, kdy potřebujeme otočit zásobníkem vždy o 60 stupňů je nejvhodnější krokový motor. Ten lze jednoduše řídit, aniž bychom potřebovali encoder a stejně tak mají tyto motory dostatečný krouticí moment na to, abychom nepotřebovali převodovku. V případě, že bychom potřebovali hodnotu krouticího momentu trochu změnit, můžeme měnit počet zubů použitých řemenic, které rotační pohyb přenáší na hřídel.

Pro zvolení vhodného pohonu zásobníku musíme nejdříve spočítat jeho parametry-krouticí moment a otáčky. Při výpočtu těchto parametrů vycházíme z konstrukce zásobníku, momentů setrvačnosti rotujících dílů, jejich hmotností a z časů, za které se má zásobník rozeběhnout a otočit o jednu pozici, čili o 60°. Tyto časy jsou znázorněny v rampové funkci (obr. 31).



Obr. 31 – rampová funkce

$t_r=0,3s$ - čas rozběhu zásobníku - Zásobník se za tuto dobu otočí o úhel φ_r .

$t_u=0,3s$ - čas ustáleného chodu zásobníku - Zásobník se za tuto dobu otočí o úhel φ_u .

$t_z=0,3s$ - čas zastavování zásobníku - Zásobník se za tuto dobu otočí o úhel φ_z .

$t_c=0,9s$ - celkový čas otočení zásobníku o úhel 60° - Zásobník se za tuto dobu otočí o úhel φ_c .

Volba motoru

Na základě výpočtů uvedených v příloze č. 1 volím krokový motor s označením „SX16-0301“ (obr. 32) s krouticím momentem 0,11 Nm dodávaný firmou Microcon.



Obr. 32 – motor SX16-0301 dle [12]

Poznámka:

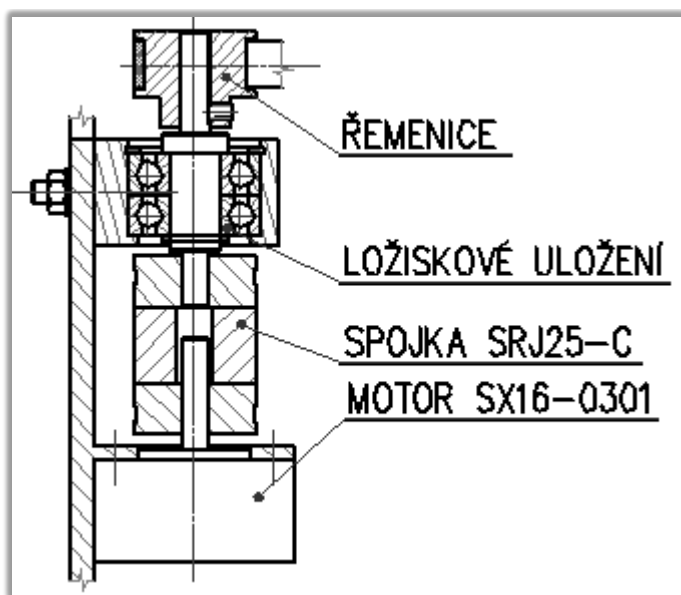
- Specifikace motoru SX16-0301 je uvedena v příloze č. 2.
- Kontrolní výpočty krouticího momentu na výstupu pohonu kontrolní výpočet na ztrátu kroku jsou uvedeny v příloze č. 3

Konstrukce pohonu zásobníku

Na výstupu pohonu bude hnací řemenice, na kterou budou působit síly vzniklé v řemenu. Umístění řemenice přímo na výstupní hřídel motoru není vhodné, protože by tyto síly mohly motor poškodit. Z toho důvodu bude pohon opatřen druhou hřídelí, která ponese hnací řemenici a která bude uložena v ložiscích. Ty zachytí všechny nežádoucí síly (obr 33).

Výstupní hřídel motoru a hřídel nesoucí hnací řemenici budou spojeny pomocí pružné spojky. Tu volím podle průměrů spojovaných hřídelí a podle přenášeného krouticího momentu.

-Zvolena spojka: „SRJ25-C“ (obr. 34) dodávaná firmou CNCshop.cz



Obr. 33 – konstrukce pohonu zásobníku



Obr. 34 – spojka SRJ25-C dle [18]

Poznámka:

- Specifikace spojky SRJ25-C je uvedena v příloze č. 4.
- Kontrolní výpočet ložisek použitých pro uložení hřídele provedený v programu Mitcalc je uveden v příloze č. 5.
- Pevnostní výpočet hřídele nesoucí hnací řemenici provedený v programu Mitcalc je uveden v příloze č. 6.

12 Řemenový převod

Otáčivý pohyb bude z výstupní hřídele motoru na hřídel nesoucí nádoby převeden pomocí řemenového převodu (obr. 35).

Počty zubů řemenic volím tak, aby jejich převodový poměr byl 1,8:1. Tento převodový poměr je výhodný v tom směru, že otočení motoru o jeden krok, čili o $1,8^\circ$, bude v důsledku znamenat otočení zásobníku o jeden stupeň. Toto nám usnadní polohování zásobníku do přesné polohy, aniž bychom využívali elektronického zmenšování kroku motoru, nebo upravovali držák nádob tak, aby úhly mezi vedlejšími nádobami byly dělitelné krokem motoru.

-Zvolená malá řemenice: 20-03M-09 od firmy TYMA CZ s.r.o. [13]

-Zvolená velká řemenice: 36-03M-09 od firmy TYMA CZ s.r.o. [13]

Řemenice od firmy TYMA CZ s.r.o. jsou z nabízených řemenic na trhu pro tuto konstrukci nejvhodnější, nejsou však zcela ideální. Před jejich použitím se do nich musí navrtat díra se závitem M3 pro stavěcí šroub ISO 4766, kterými budou řemenice připevněny. Stejně tak se na velké řemenici musí zvětšit otvor pro hřídel z průměru 6 mm na průměr 20 mm.



Obr. 35 – model řemenového převodu

Poznámka:

Přesné rozměry řemenic jsou uvedeny v příloze č. 7.

Výpočet délky řemenu:		
$a = 113,75 \text{ mm}$ $t = 3 \text{ mm}$ $z_1 = 20$ $z_2 = 36$	$L = 2 \cdot a + \frac{t}{2} \cdot (z_1 + z_2) + \frac{\left[\frac{3}{\pi} \cdot (z_2 - z_1)\right]^2}{4 \cdot a}$ $L = 2 \cdot 113,75 + \frac{3}{2} \cdot (20 + 36) + \frac{\left[\frac{3}{\pi} \cdot (36 - 20)\right]^2}{4 \cdot 113,75}$ $L = 311,897 \text{ mm}$	$\underline{L = 311,897 \text{ mm}}$

Na základě profilu ozubení zvolených řemenic a vypočtené délky řemene volím tento řemen s délkou 312 mm:

-Zvolený řemen: 104-3M od firmy ContiTech [14]

Poznámka:

Specifikace řemene je uvedena v příloze č. 8.

Pevnostní kontrola zvoleného řemenu:

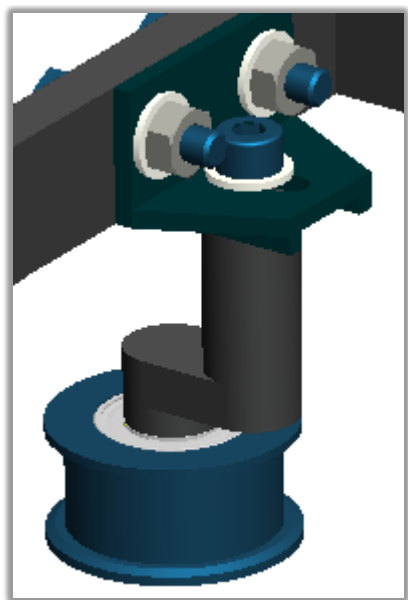
Řemen je zkontrolován, zda je schopen přenést výkon z malé řemenice na velkou při daných otáčkách. Postup výpočtu je proveden podle příkladu, uvedeném v katalogu firmy ContiTech, která řemen dodává. Z katalogu jsou také získány koeficienty c_1 , c_2 , c_3 , c_4 , c_5 a P_r potřebné pro tuto kontrolu. Koeficienty se odvíjí od geometrických vlastností řemenic, jejich otáček a charakteru provozu mechanismu.

Pevnostní kontrola zvoleného řemenu:		
$M_{km} = 0,11 \text{ Nm}$	$P_v \cdot (c_2 + c_3 + c_4) \leq P_r \cdot c_1 \cdot c_5$	Vyhovuje
$\omega = 1,745 \text{ rad/s}$	$M_{km} \cdot \omega \cdot (c_2 + c_3 + c_4) \leq P_r \cdot c_1 \cdot c_5$	
$P_r = 4,5 \text{ W}$	$0,11 \cdot 1,745 \cdot (1,2 + 0,2 - 0,2) \leq 4,5 \cdot 1 \cdot 1$	
$c_1 = 1$	$0,23 \leq 4,5$	
$c_2 = 1,2$		
$c_3 = 0,2$		
$c_4 = -0,2$		
$c_5 = 1$		

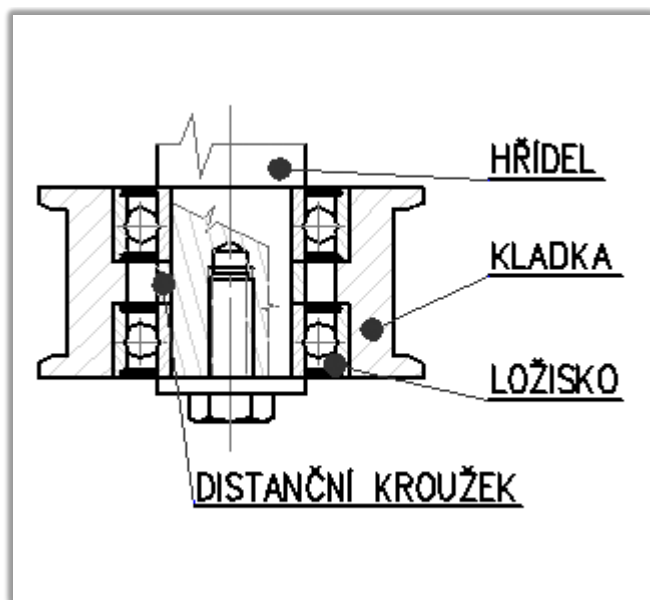
Napínání řemene

V katalogu výrobce řemene je také uveden výpočet napínání řemene. Řemen na konstrukci zásobníku by se podle tohoto výpočtu měl napínat silou $F_e=24$ N. K tomuto účelu bude konstrukce vybavena napínacím zařízením.

Napínací zařízení (obr. 36) připevněné k rámu zásobníku se bude skládat z plastové kladky uložené v ložiskách, která bude napínat řemen z jeho vnější strany, nosné hřídele a držáku. V držáku bude hřídel připevněna šroubem přes drážku. Posunováním šroubu v drážce bude možno nastavovat polohu kladky a tím také napínání řemene.



Obr. 36 – model napínací kladky



Obr. 37 – řez napínací kladkou

Poznámka:

- Výpočet napínání řemene je uveden v příloze č. 9.
- Kontrolní výpočet ložisek použitých pro uložení napínací kladky provedený v programu Mitcalc je uveden v příloze č. 10.

13 Technologické zhodnocení konstrukce

Zásobník je určen pro servisní robot Herkules. Přimontoval by se na nárazník v jeho zadní části, což je vhodné z hlediska omezení pracovního prostoru ramene robotu. Rameno robotu by odebíralo vzorky efektořem podobným injekční stříkačce. Po odebrání šesti vzorků by se robot vrátil do depa, kde by obsluha zásobníku manuálně vyměnila nádoby za další.

Použité nádoby mají tvar válce. Použitím nádob tvaru hranolu by se sice snížily celkové vnější rozměry zásobníku, výrazně by však vzrostla složitost jejich výroby a proto nejsou pro tuto konstrukci vhodné. Nádoby jsou navrženy z plastu polypropylen. Díky tomu mají malou hmotnost a jsou odolné vůči široké škále chemikálií. Ve své horní části mají pod zátkou usazené silikonové septum, které je díky potažení teflonem také odolné vůči odebraným vzorkům.

Tělo nádoby i zátky by se musely vyrobit na zakázku. Stejně tak nejsou běžně k dostání navržené ložiskové domky, držáky nádob a nosná část konstrukce. Řemenice by stačilo upravit navrtáním otvoru se závitem pro stavěcí šrouby, kterými by řemenice držely na hřídelích a zvětšením vnitřního průměru velké řemenice. Ostatní díly jako motor, spojka, řemen, ložiska, spojovací materiál, atd. jsou běžně k dostání a nemusely by se vyrábět na zakázku.

Rotační pohyb zásobníku je realizován pomocí krokového motoru SX16-0301 dodávaný firmou Microcon. Krokový motor je pro tuto konstrukci vhodný, protože je oproti alternativám využívající např. servomotor výrazně levnější a přitom se dá snadno řídit. Řízení je usnadněno také použitím vhodného převodového poměru řemenového převodu. Díky němu odpovídají úhly mezi nádobami celým násobkům kroku motoru a ten už se tedy nemusí dále elektronicky zpřesňovat.

Závěr

Téma této práce bylo navržení konstrukce zásobníku pro uložení odebraných plynných vzorků. Po upřesnění maximálních rozměrů zásobníku a množství odebraných vzorků požadavkovým listem byl zpracován přehled možností odebírání a uchovávání plynů. Poté byly navrženy různé konstrukční varianty zásobníku a dále byla pomocí hodnotové analýzy vybrána optimální varianta.

Navržený zásobník je určen pro odběr šesti vzorků plynu o objemu 180 ml. Odběrové nádoby jsou v zásobníku uloženy v kružnici na rotujícím rámu. Po odběru každého vzorku se rám otočí o 60° tak, aby nádoba, do které se odebírá vzorek, byla vždy ve stejné poloze. Po odebrání šesti vzorků se robot vrátí do depa, kde obsluha zásobníku vymění plné nádoby za prázdné.

Odběrové nádoby jsou v zásobníku zajištěny pomocí drážky a čepu. Obsluha tak při vkládání nádob do zásobníku jednoduchým pohybem zamezí nežádoucímu vytažení nádoby, ke kterému by mohlo dojít při vysouvání odběrové jehly. Úniku vzorku z nádoby je zamezeno použitím silikonového septa, které zaručuje těsnost až pro 400 vpichů odběrovou jehlou.

Rotační pohyb zajistí krokový motor SX16-0301 od firmy Microcon. Ten pomocí 60 kroků otočí hřídeli nesoucí odběrové nádoby o požadovaných 60° . O přenos pohybu mezi motorem a hřídelí se stará řemenový převod.

Před uvedením tohoto zařízení do provozu by bylo třeba navrhnout příslušný efektor, který by byl schopen odebírat plyn pomocí jehly. Efektor by stejně jako odběrové nádoby musel být odolný vůči odebíranému plynu a musel by také být vybaven čistícím mechanismem, aby nedošlo k znehodnocení vzorků jejich vzájemnou kontaminací.

Srovnání požadavkového listu s výslednými hodnotami.

Požadavek	Hodnota požadavkového listu	Výsledná hodnota
Počet vzorků v zásobníku	5-6	6
Objem 1 vzorku [ml]	150-200	180
Maximální plocha zásobníku [mm]	300 x 300	238 x 176
Maximální výška zásobníku [mm]	250	220
Skupenství odebíraných vzorků	plynné	plynné
Odolnost proti	znečištěným vzorkům	splňuje

Tab. 8 srovnání požadavků

Použitá literatura

- [1] CHROMSERVIS s.r.o. [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://chromservis.cz/?lang=CZ>>
- [2] LABICOM s.r.o. [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.labicom.cz/default.aspx>>
- [3] SWAGELOK [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.swagelok.com/default.aspx>>
- [4] JS HOLDINGS [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.jsholdings.co.uk/index.asp>>
- [5] ELDIAG s.r.o. [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.eldiag.cz/texty/bucholz.html>>
- [6] GRESHAM GAS SAMPLING [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.greshamgassampling.co.uk/>>
- [7] NEXTTEQ [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.westernsafety.com/nextteq/gastec.html>>
- [8] Wikipedie [online]. [cit. 25.4.2010]. Dostupný na: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylen>>
- [9] VOP-026 ŠTERNBERK s.p. [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.vop.cz/>>
- [10] INSTITUT DOKTRÍN [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://doctrine.cz/>>
- [11] LABOR - KOMPLET s.r.o. [online]. [cit. 10.11.2009]. Dostupný na: <<http://www.laboratorni-potreby.cz/>>
- [12] MICROCON [online]. [cit. 12.4.2010]. Dostupný na: <<http://www.microcon.cz/>>
- [13] TYMA CZ s.r.o. [online]. [cit. 12.4.2010]. Dostupný na: <<http://www.tyma.cz/>>

- [14] ContiTech [online]. [cit. 12.4.2010]. Dostupný na:
<http://www.contitech.de/index_en.html>
- [15] UZIMEX [online]. [cit. 12.4.2010]. Dostupný na:
<<http://www.uzimex.cz/Vyrobce/maxon-motor-ag/Prevodovky/Planetove-prevodovky.html>>
- [16] The engineering toolbox [online]. [cit. 25.4.2010]. Dostupný na:
<http://www.engineeringtoolbox.com/polypropylene-pp-chemical-resistance-d_435.html>
- [17] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: SCIENTIA spol. s.r.o., 1996. ISBN 80-7183-008-9.
- [18] CNCshop.cz [online]. [cit. 25.4.2010]. Dostupný na: <<http://www.cncshop.cz/>>
- [19] SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1993. 152s. ISBN 80-7078-167-X

Chtěl bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Barboře Valtové za rady, vedení mé práce a poskytnuté konzultace. Stejně tak děkuji všem ostatním z katedry robototechniky za ochotu spolupracovat.

Přílohy

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Výpočet parametrů potřebných pro volbu krokového motoru

Příloha č. 2: Specifikace motoru SX16-0301

Příloha č. 3: Kontrolní výpočty pohonu

Příloha č. 4: Specifikace spojky SRJ25-C

Příloha č. 5: Kontrolní výpočet jednořadých kuličkových ložisek ČSN 02 4630 použitých pro uložení hřídele nesoucí hnací řemenici provedený v programu Mitcalc.

Příloha č. 6: Pevnostní kontrola hřídele nesoucí hnací řemenici provedená v programu Mitcalc

Příloha č. 7: Specifikace řemenic

Příloha č. 8: Specifikace řemene

Příloha č. 9: Výpočet napínání řemene

Příloha č. 10: Kontrolní výpočet jednořadých kuličkových ložisek SKF 628/8-2Z použitých pro uložení napínací kladky provedený v programu Mitcalc.

Příloha č. 11: Pevnostní kontrola nosné části zásobníku provedena v programu Ansys

Příloha č. 12: Kontrolní výpočet kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem SKF 7204 BECBM použitých pro uložení hřídele nesoucí nádoby provedený v programu Mitcalc.

Příloha č. 13: Model zásobníku zhotovený v programu Pro/ENGINEER

Příloha č. 14: Sestavný výkres zásobníku s kusovníkem

Příloha č. 1: Výpočet parametrů potřebných pro volbu krokového motoru

Výpočet úhlové rychlosti zásobníku:		
$\varphi = 60^\circ$ $t_c = 0,9 \text{ s}$ $t_r = 0,3 \text{ s}$ $t_u = 0,3 \text{ s}$ $t_z = 0,3 \text{ s}$ $\varphi_c = 60^\circ = 1,047 \text{ rad}$	$\varphi_r = \frac{1}{2} \varepsilon_r t_r^2 = \frac{1}{2} \omega t_r^2 = \frac{\omega \cdot t_r}{2}$ $\varphi_u = \omega \cdot t_u$ $\varphi_z = \frac{1}{2} \varepsilon_z t_z^2 = \frac{1}{2} \omega t_z^2 = \frac{\omega \cdot t_z}{2}$ $\varphi_r + \varphi_u + \varphi_z = \varphi_c$ $\frac{\omega \cdot t_r}{2} + \omega \cdot t_u + \frac{\omega \cdot t_z}{2} = \varphi_c$ $\omega \left(\frac{t_r}{2} + t_u + \frac{t_z}{2} \right) = \varphi_c$ $\omega = \frac{\varphi_c}{\left(\frac{t_r}{2} + t_u + \frac{t_z}{2} \right)}$ $\omega = \frac{1,047}{\left(\frac{0,3}{2} + 0,3 + \frac{0,3}{2} \right)}$ $\omega = 1,745 \text{ rad/s}$	$\underline{\omega = 1,745 \text{ rad/s}}$

Výpočet otáček zásobníku:		
$\omega = 1,745 \text{ rad/s}$	$n = 60 \cdot \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$ $n = 60 \cdot \frac{1,745}{2 \cdot \pi}$ $n = 16,7 \text{ min}^{-1}$	$\underline{n = 16,7 \text{ min}^{-1}}$

Výpočet úhlového zrychlení zásobníku:

$\omega = 1,745 \text{ rad/s}$ $t_r = 0,3 \text{ s}$	$\varepsilon = \frac{\omega}{t_r}$ $\varepsilon = \frac{1,745}{0,3}$ $\varepsilon = 5,817 \text{ rad/s}^2$	<u>$\varepsilon = 5,817 \text{ rad/s}^2$</u>
---------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

Výpočet potřebného krouticího momentu:

$I = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ $\varepsilon = 5,817 \text{ rad/s}^2$	$M_k = I \cdot \varepsilon$ $M_k = 0,0072 \cdot 5,817$ $M_k = 0,042 \text{ Nm}$	<u>$M_k = 0,042 \text{ Nm}$</u>
----------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------

Poznámka:

Hodnota momentu setrvačnosti „I“ je získaná z 3D modelu zhotoveném v programu Pro/ENGINEER.

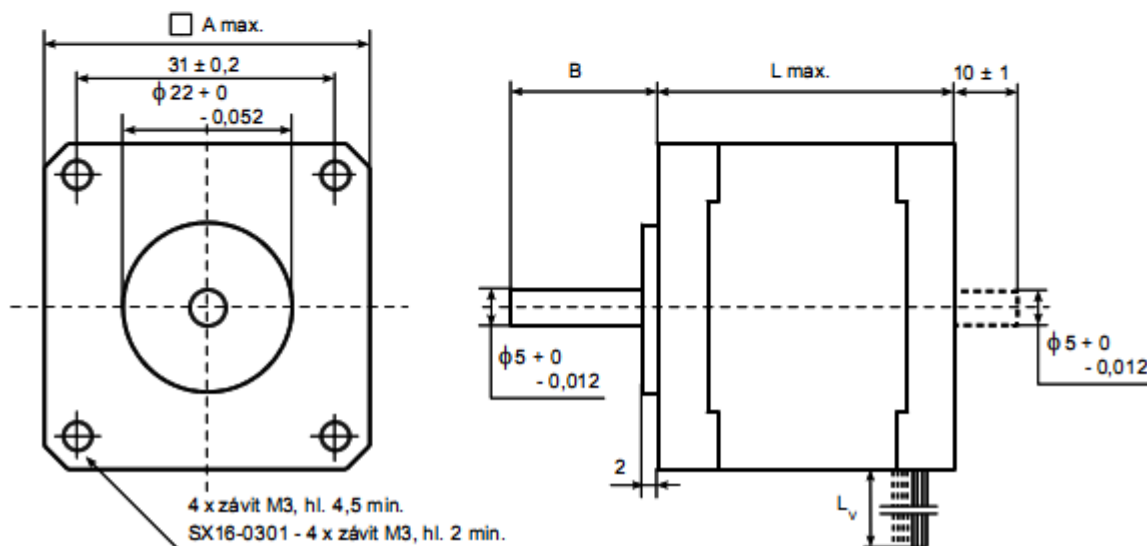
Technické parametry

Statický moment (Nm)	Jmenovitý proud (A)	Indukčnost (mH)	Odpor (Ω)	Zbytkový moment (Nm)	Moment setrvačnosti rotoru (gcm ²)	Hmotnost (kg)
bipol. napájení, celokrok, jmen. proud v obou fázích	sériové / paralelní zapojení	sériové / paralelní zapojení	sériové / paralelní zapojení			
0,11	0,35 / -	30 / -	26 / -	0,005	11	0,12

Délka kroku 1,8° (0,9° u SX17-0402-09)
 Tolerance kroku ± 0,1°
 Izolační třída NEMA B (130°C)

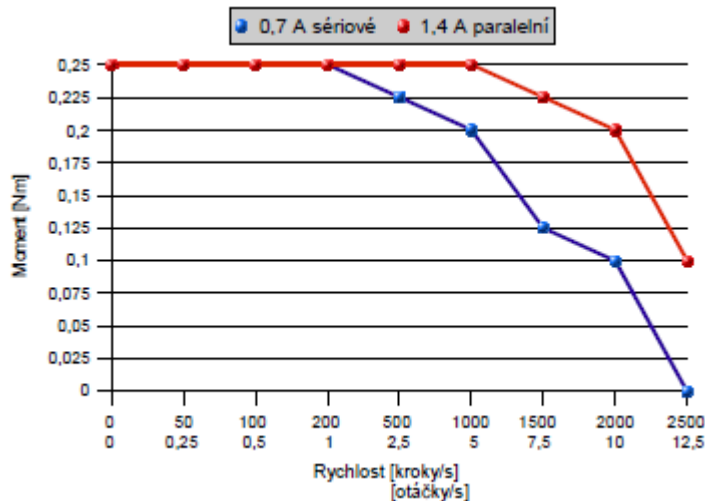
Rozměry (mm)

φ Hřídele	□ A max.	Délka L max.	B	Vývody - počet / délka L _v
5	39,3	20	24 ± 0,5	6 / 500



Obr P1 - rozměry a technické parametry motoru SX16-0301

Momentová charakteristika motoru SX16-0301:



Obr P2 - momentová charakteristika motoru SX16-0301

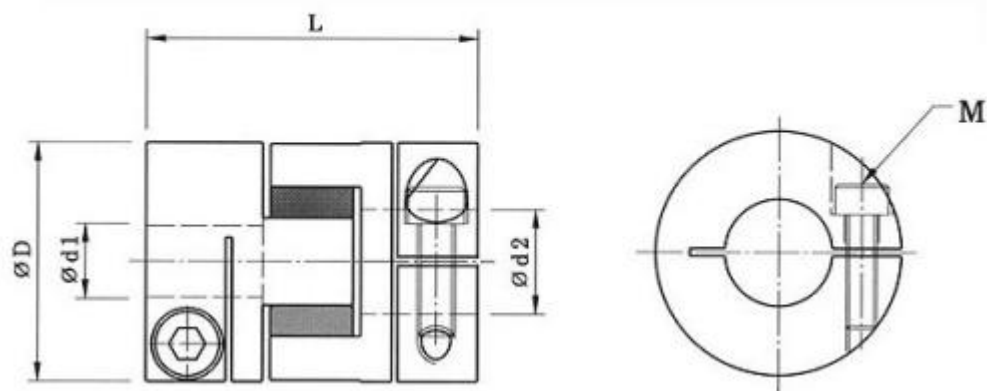
Příloha č. 3: kontrolní výpočty pohonu

Výpočet krouticího momentu na výstupu pohonu:		
$M_{km} = 0,11 \text{ Nm}$	$M_{kv} = M_{km} \cdot i \cdot \eta_{\text{ř}}$	$\underline{M_{kv} = 0,186 \text{ Nm}}$ $M_{kv} > M_k$ Vyhovuje
$z_1 = 20$	$M_{kv} = M_{km} \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \eta_{\text{ř}}$	
$z_2 = 36$		
$\eta_{\text{ř}} = 96 \%$	$M_{kv} = 0,11 \cdot \frac{36}{20} \cdot 0,96 \cdot 0,98$	
$\eta_l = 98 \%$	$M_{kv} = 0,186 \text{ Nm}$	

Kontrola motoru na ztrátu kroku:		
$M_{kv} = 0,19 \text{ Nm}$	$M_{kv} \geq 2 \cdot M_k$	Vyhovuje
$M_k = 0,042 \text{ Nm}$	$0,186 \geq 2 \cdot 0,042$	
	$0,186 \geq 0,084$	

Příloha č. 4: Specifikace spojky SRJ25-C

d1 [mm]	d2 [mm]	D [mm]	L [mm]	Moment [Nm]	offset [max°]	nesouosost [max mm]
5	5	25	35	4	1	0,2



Obr. P3 – specifikace spojky SRJ25-C

Příloha č. 5: Kontrolní výpočet jednořadých kuličkových ložisek SKF 6000-2Z použitých pro uložení hřídele nesoucí hnací řemenici provedený v programu Mitcalc.

Valivá ložiska SKF

i Výpočet bez chyb.
ii ☐ Informace o projektu

? + Kapitola vstupních parametrů

1.0 ☒ Volba typu ložiska, zatížení ložiska

1.1 Jednotky výpočtu SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Typ ložiska

Kuličková ložiska jednořadá

1.3 Provedení ložiska

1.4 Utěsněné jednostranně
1.5 Pár sdružených ložisek
1.6 Normální ložisková vůle

1.7 Zatížení ložiska Proměnlivé zatížení

1.8 Otáčky n 30,1 [1/min]
1.9 Radiální zatížení Fr 10,0 [N]
1.10 Axiální zatížení Fa 0,0 [N]
1.11 Součinitel přidavných dynamických sil 1

1.12 Požadované parametry ložiska

1.13 Trvanlivost ložiska Lh 10000 [h]
1.14 Součinitel statické bezpečnosti s0 2,00

1.15 Přídavné dynamické síly

1.16 ☐ Žádné
1.17 ☐ Od ozubených převodů
1.18 Běžná ozubená kola (úchytky tvaru a rozteče 0,02 až 0,1 mm)
1.19 Součinitele fk 1,1 - 1,3 1,20 ☒
1.20 Elektrické točivé stroje, turbíny, turbokompresory
1.21 Součinitele fd 1 - 1,2 1,10 ☒
1.22 ☒ Od řemenových převodů
1.23 Ozubené řemeny
1.24 Součinitel fb 1,1 - 1,3 1,20 ☒

2.0 ☒ Volba rozměrů ložiska

2.1 Rozměry ložiska

Vyhledat Hledat další

ID	d	D	2B	C	C0	nr	nmax	Ložisko
21	10,0	26,0	16,0	7700	3920			19000 6000-RSH *

2.2 Parametry ložiska

2.3 Základní dynamická únosnost C 7700 [N]
2.4 Dynamické ekvivalentní zatížení P 12 [N]
2.5 Základní trvanlivost L10h 1,46483E+11 [h]
2.6 Základní statická únosnost C0 3920 [N]
2.7 Statické ekvivalentní zatížení P0 12 [N]
2.8 Součinitel statické bezpečnosti s0 326,67
2.9 Dovozené radiální zatížení Frmax - [N]
2.10 Dovozené axiální zatížení Fa max - [N]
2.11 Referenční otáčky nr - [1/min]
2.12 Mezní otáčky nmax 19000 [1/min]
2.13 Zbrátový výkon NR 0 [W]
2.14 Váha ložiska g 0,038 [kg]

d 10
D 26
2B 16
r max 0,3
D a max 24
D a min 12

3.0 ☒ Provozní parametry, modifikovaná trvanlivost ložiska

3.1 Kinematická viskozita maziva

3.2 Vřtažná viskozita v1 590 [mm^2/s]
3.3 Provozní viskozita v 20,1 [mm^2/s]
3.4 Viskozní poměr k 0,03

3.5 Požadované minimální zatížení

3.6 Minimální radiální zatížení Fmin 0,58 [N]

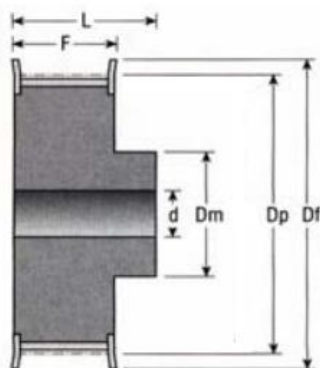
3.7 Výpočet modifikované trvanlivosti

3.8 Mezní únavové zatížení Pu 166 [N]
3.9 Požadovaná spolehlivost 90 %
3.10 Znečištění maziva Typické znečištění
3.11 Součinitel úrovně znečištění γ 0,3 - 0,1 0,20 ☒
3.12 Součinitel trvanlivosti a1/a23 1 0,1
3.13 Modifikovaná trvanlivost Lmh 14648333220 [h]

Příloha č. 6: Pevnostní kontrola hřídele nesoucí hnací řemenici provedená v programu Mitcalc

Návrh a výpočet hřídele		Výpočet hřídele		Čistit tabulku výsledků	
i Výpočet bez chyb.					
Kapitola vstupních parametrů					
1.0 <input checked="" type="checkbox"/> Předběžný návrh průměru hřídele					
1.1	Jednotky výpočtu	SI Units (N, mm, kW...)			
1.2	Přenášený výkon	0,00	[kW]	1.6	Typ zatížení hřídele
1.3	Obtáčky hřídele	30,1	[/min]	C...Mírný krut + ohyb	
1.4	Kroubový moment	0,07	[Nm]	1.7	Materiál hřídele (pevnost v tahu)
1.5	Předběžný min. průměr	3,50	[mm]	A...Běžná konstrukční ocel (500)	
2.0 <input type="checkbox"/> Tvar a rozměry hřídele					
3.0 <input type="checkbox"/> Vrubu a zápichy na hřídeli					
4.0 <input checked="" type="checkbox"/> Zatížení hřídele					

Příloha č. 7: Specifikace řemenic



Obr. P4 – řez řemenicí

	Zubů [-]	Mat.	Profil	d [mm]	D _m [mm]	D _p [mm]	D _f [mm]	L [mm]	F [mm]	m [g]
Malá řemenice	20	Al	HTD 3M	6	12	19,1	23	20,6	12,8	10
Velká řemenice	36	Al	HTD 3M	6	26	34,38	38	22,2	13,4	45

Tab. P1 parametry zvolených řemenic

Příloha č. 8: Specifikace řemene

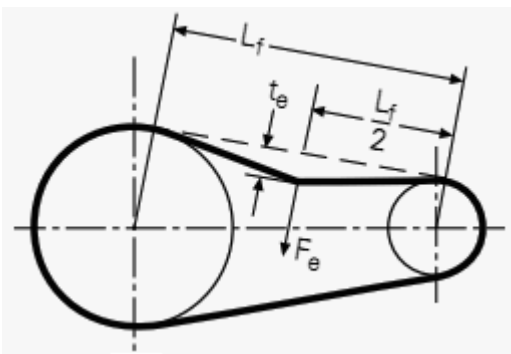
Počet zubů [-]	Délka [mm]	Profil zubu	Rozměry zubu
104	312	HTD 3M	

Tab. P2 parametry zvoleného řemene

Příloha č. 9: Výpočet napínání řemene

Výpočet napínací síly řemene F_e :		
$b = 9 \text{ mm}$	$F_e = b + 15$ $F_e = 9 + 15$ $F_e = 24 \text{ N}$	<u>$F_e = 24 \text{ N}$</u>

Výpočet napnutí řemene t_e :		
$a = 113,75 \text{ mm}$ $t = 3 \text{ mm}$ $z_1 = 20$ $z_2 = 36$	$\beta = 2 \cdot \arccos \left[\frac{t \cdot (z_2 - z_1)}{2 \cdot \pi \cdot a} \right]$ $\beta = 2 \cdot \arccos \left[\frac{3 \cdot (36 - 24)}{2 \cdot \pi \cdot 113,75} \right]$ $\beta = 174,23^\circ$	$\beta = 174,23^\circ$
$a = 113,75 \text{ mm}$ $\beta = 174,23^\circ$	$t_e = \frac{L_f}{1000}$ $t_e = \frac{a \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}{1000}$ $t_e = \frac{113,75 \cdot \sin\left(\frac{174,23}{2}\right)}{1000}$ $t_e = 0,114 \text{ mm}$	<u>$t_e = 0,114 \text{ mm}$</u>



Obr. P5 – schéma napínání řemene

Příloha č. 10: Kontrolní výpočet jednořadých kuličkových ložisek SKF 628/8-2Z použitých pro uložení napínací kladky provedený v programu Mitcalc.

Valivá ložiska SKF

i Výpočet bez chyb.
ii ☐ Informace o projektu

Kapitola vstupních parametrů

1.0 ☒ Volba typu ložiska, zatížení ložiska

1.1 Jednotky výpočtu SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Typ ložiska
Kuličková ložiska jednořadá

1.3 Provedení ložiska

1.4 Utěsněné oboustranně

1.5 Pár sdružených ložisek

1.6 Normální ložisková vůle

1.7 Zatížení ložiska **Proměnlivé zatížení**

1.8 Otáčky n 26,1 [1/min]

1.9 Radiální zatížení Fr 24,0 [N]

1.10 Axiální zatížení Fa 0,0 [N]

1.11 Součinitel přídavných dynamických sil 1

1.12 Požadované parametry ložiska

1.13 Trvanlivost ložiska Lh 10000 [h]

1.14 Součinitel statické bezpečnosti s0 2,00

1.15 Přídavné dynamické síly

1.16 ☒ Žádné

1.17 ☒ Od ozubených převodů

1.18 Běžná ozubená kola (úchytky tvaru a rozteče 0,02 až 0,1 mm)

1.19 Součinitele fk 1,1 - 1,3 1,20 ☒

1.20 Elektrické točivé stroje, turbíny, turbokompresory

1.21 Součinitele fd 1 - 1,2 1,10 ☒

1.22 ☒ Od řemenových převodů

1.23 Křinové řemeny

1.24 Součinitele fb 1,9 - 2,5 2,20 ☒

2.0 ☒ Volba rozměrů ložiska

2.1 Rozměry ložiska **Vyhledat** **Hledat další**

ID	d	D	2B	C	C0	nr	nmax	Ložisko
12	8,0	16,0	10,0	2150		1140		26000 628/8-2RS1

2.2 Parametry ložiska

2.3 Základní dynamická únosnost C	2150	[N]	d	8
2.4 Dynamické ekvivalentní zatížení P	24	[N]	D	16
2.5 Základní trvanlivost L10h	459081611	[h]	2B	10
2.6 Základní statická únosnost C0	1140	[N]	ramax	0,2
2.7 Statické ekvivalentní zatížení P0	24	[N]	Damax	14,6
2.8 Součinitel statické bezpečnosti s0	47,5		damin	9,4
2.9 Dovozené radě ní zatížení Frmax	-	[N]		
2.10 Dovozené axá ní zatížení Famax	-	[N]		
2.11 Referenční otáčky nr	-	[1/min]		
2.12 Mezní otáčky nmax	26000	[1/min]		
2.13 Zbrátový výkon NR	0	[W]		
2.14 Váha ložiska g	0,0072	[kg]		

3.0 ☒ Provozní parametry, modifikovaná trvanlivost ložiska

3.1 Kinematická viskozita maziva

3.2 Vztážná viskozita ν_1 820 [mm²/s]

3.3 Provozní viskozita ν 20,1 [mm²/s]

3.4 Viskozní poměr k 0,02

3.7 Výpočet modifikované trvanlivosti

3.8 Mezní únavové zatížení Pu 48 [N]

3.9 Požadovaná spolehlivost 90 %

3.10 Znečištění maziva Typické znečištění

3.11 Součinitel úrovně znečištění η 0,3 - 0,1 0,20 ☒

3.12 Součinitel trvanlivosti a1/a23 1 0,1

3.13 Modifikovaná trvanlivost Lmh 45908161 [h]

3.5 Požadované minimální zatížení

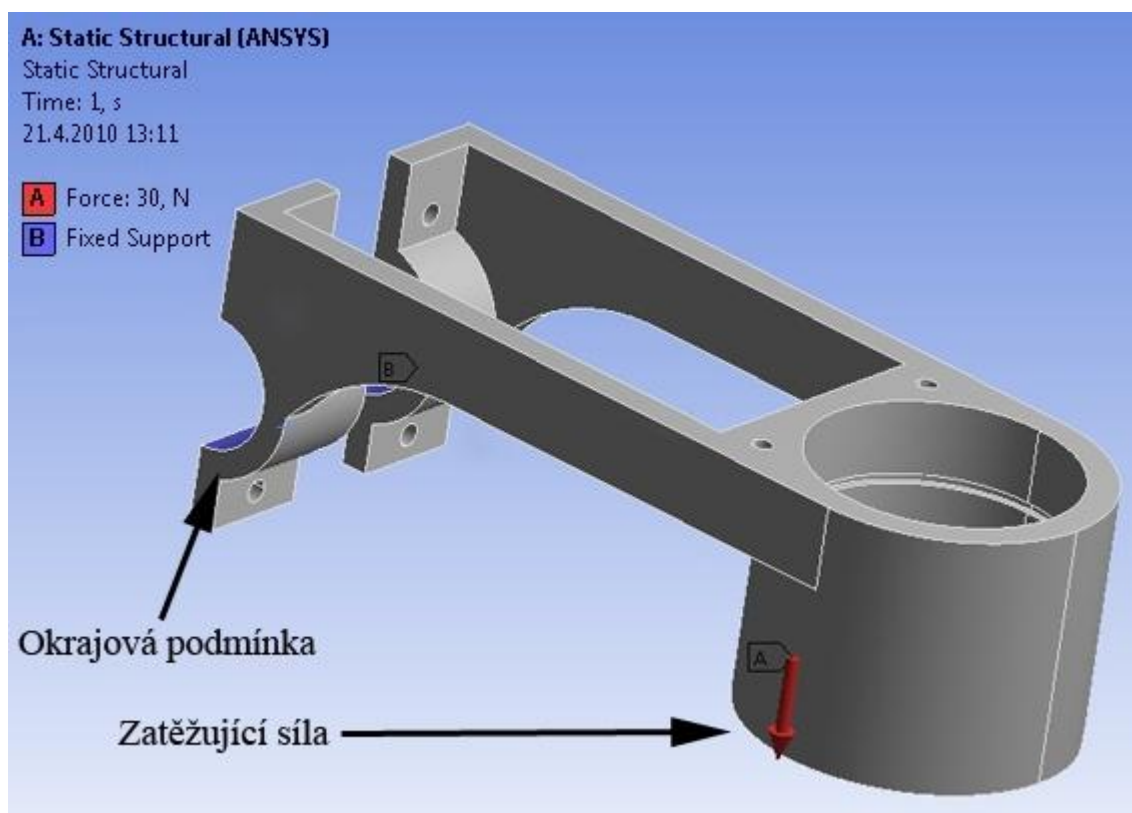
3.6 Minimální radiální zatížení Fmin 0,14 [N]

Příloha č. 11: Pevnostní kontrola nosné části zásobníku provedena v programu Ansys

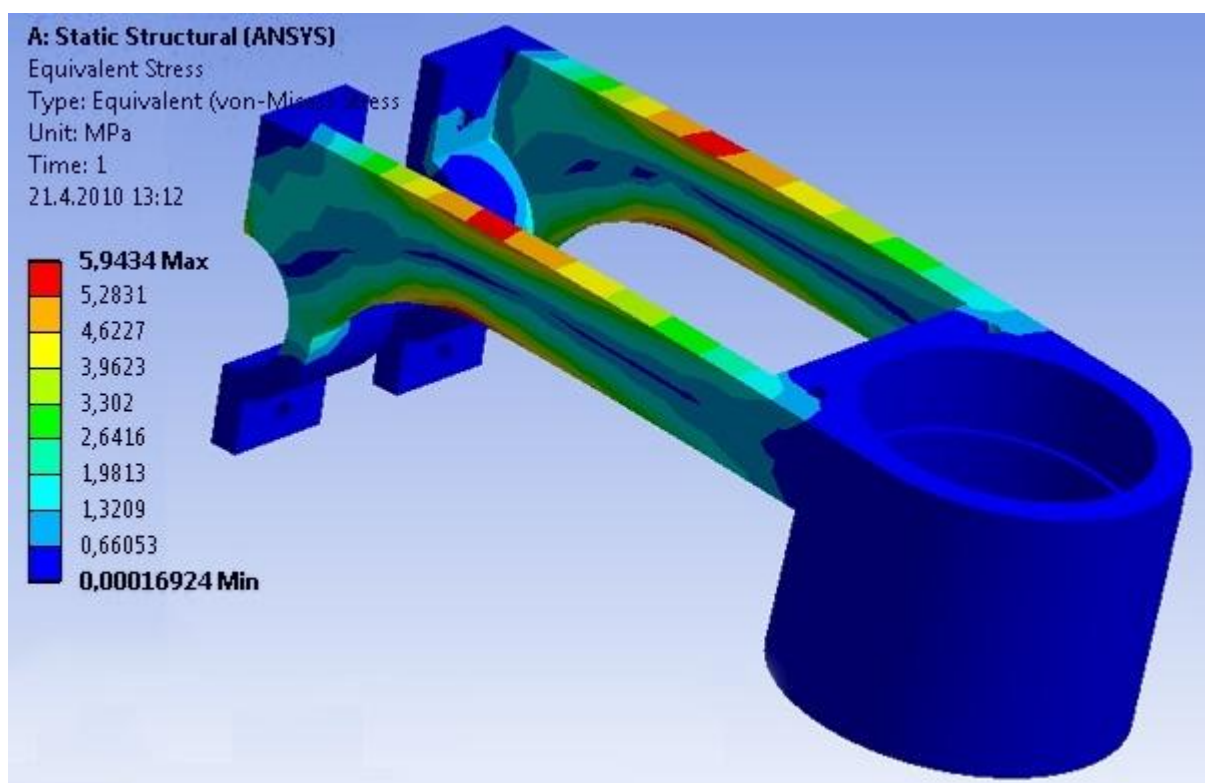
Metodou konečných prvků kontrolujeme díl nesoucí hřídel s odběrovými nádobami a který také slouží k přichycení zásobníku na nárazník robotu. Jedná se o svařenec z dílů vyrobených z oceli 11 373.0, což je konstrukční ocel se zaručenou svařitelností vhodná pro tento účel. Mez kluzu tohoto materiálu je 340 až 440 Mpa.

V místě, kde je uložena hřídel nesoucí odběrové nádoby je díl zatížen silou 30N, což je síla způsobená tíhou hřídele, nádob, držáků nádob a ložisek. Zavazben je díl v místě, kde je zásobník připevněn k nárazníku robotu (obr. P6).

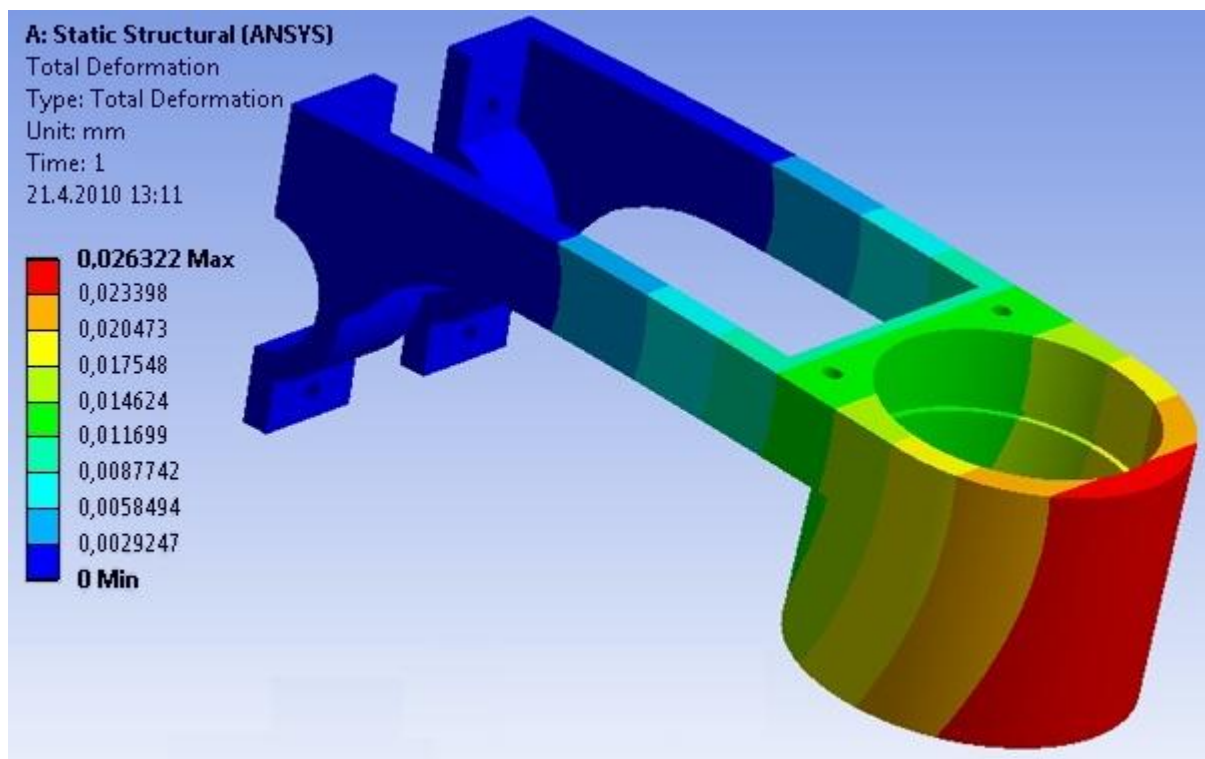
Na výsledcích vidíme (obr. P7), že nejvyšší napětí vzniká mezi místy, kde je zásobník připevněn a zatížen. Napětí v tomto místě má hodnotu přibližně 6 Mpa, což vyhovuje. Na obrázku P8 vidíme, že k nejvyššímu posuvu s hodnotou přibližně 0,03mm dochází na nejvzdálenějších místech od místa připevnění na robot.



Obr. P6 – zavazbení a zatížení nosné části zásobníku



Obr. P7 – napětí v nosné části zásobníku



Obr. P8 – celkový posuv nosné části zásobníku

Příloha č. 12: Kontrolní výpočet kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem SKF 7204 BECBM použitých pro uložení hřídele nesoucí nádoby provedený v programu Mitcalc.

Valivá ložiska SKF

i Výpočet bez chyb.
ii ☐ Informace o projektu

? + **Kapitola vstupních parametrů**

1.0 ☒ **Volba typu ložiska, zatížení ložiska**

1.1 Jednotky výpočtu SI Units (N, mm, kW...)

1.2 **Typ ložiska**

Kuličková ložiska s kosoúhlým stykem jednořadá

1.7 **Zatížení ložiska**

Proměnlivé zatížení

1.8 Otáčky	n	16,7	[/min]
1.9 Radiální zatížení	Fr	6,0	[N]
1.10 Axiální zatížení	Fa	30,0	[N]
1.11 Součinitel přidavných dynamických sil		1,2	

1.12 **Požadované parametry ložiska**

1.13 Trvanlivost ložiska	Lh	10000	[h]
1.14 Součinitel statické bezpečnosti	s0	2,00	

1.3 **Provedení ložiska**
1.4 Pár sdružených ložisek uspořádaných zády k sobě
1.5
1.6

1.15 **Přidavné dynamické síly**
1.16 ☐ Žádné
1.17 ☐ Od ozubených převodů
1.18 Litá neobrobená kola (úchytky tvaru a rozteče přes 0.1 mm)
1.19 Součinitel f_k 1,5 - 2 1,70
1.20 Elektrické točivé stroje, turbíny, turbokompresory
1.21 Součinitel f_d 1 - 1,2 1,10
1.22 ☒ Od řemenových převodů
1.23 Ozubené řemeny
1.24 Součinitel f_b 1,1 - 1,3 1,20

2.0 ☒ **Volba rozměrů ložiska**

2.1 **Rozměry ložiska**

ID	d	D	2B	C	C0	nr	nmax	Ložisko
13	20,0	47,0	28,0	22900	16600	14000	19000	2 x 7204 BECBM

Vyhledat Hledat další

2.2 **Parametry ložiska**

2.3 Základní dynamická únosnost	C	22900	[N]	d	20
2.4 Dynamické ekvivalentní zatížení	P	37,6	[N]	D	47
2.5 Základní trvanlivost	L10h	2,25463E+11	[h]	2B	28
2.6 Základní statická únosnost	C0	16600	[N]	ramax	1
2.7 Statické ekvivalentní zatížení	P0	25,9	[N]	r _b max	0,6
2.8 Součinitel statické bezpečnosti	s0	640,93		Damax	41,4
2.9 Dovolené radiální zatížení	F _r max	-	[N]	damin	25,6
2.10 Dovolené axiální zatížení	F _a max	-	[N]		
2.11 Referenční otáčky	nr	14000	[/min]		
2.12 Mezní otáčky	nmax	19000	[/min]		
2.13 Ztrátový výkon	NR	0	[W]		
2.14 Váha ložiska	g	0,22	[kg]		

3.0 ☒ **Provozní parametry, modifikovaná trvanlivost ložiska**

3.1 **Kinematická viskozita maziva**

3.2 Vtažná viskozita	v ₁	710	[mm ² /s]
3.3 Provozní viskozita	v	20,1	[mm ² /s]
3.4 Viskozní poměr	k	0,03	

3.7 **Výpočet modifikované trvanlivosti**

3.8 Mezní únavové zatížení	Pu	710	[N]
3.9 Požadovaná spolehlivost	98 %		
3.10 Znečištění maziva	Typické znečištění		
3.11 Součinitel úrovně znečištění	γ	0,3 - 0,1	0,20
3.12 Součinitel trvanlivosti	a1/a23	0,33	0,1
3.13 Modifikovaná trvanlivost	Lmh	13145891335	[h]

3.5 **Požadované minimální zatížení**

3.6 Minimální radiální zatížení	F _{min}	5,15	[N]
---------------------------------	------------------	------	-----